

3D-SUUNNITTELUOHJELMAT

Ominaisuudet ja käyttöohje

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Mekatroniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Joonas Kuru

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

KURU, JOONAS:

3D-suunnitteluohjelmat
Ominaisuudet ja käyttöohje

Mekatroniikan opinnäytetyö, 54 sivua

Kevät 2015

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli esitellä 3D CAD -ohjelmien ominaisuuksia sekä laatia Autodesk Inventor -ohjelman käyttöohje. Työn tarkoituksena oli antaa aloittelevalle suunnittelijalle valmiudet tehdä mallinnuksia ja teknisiä piirustuksia, sekä antaa opastusta ohjelman vaativimpien ominaisuuksien käyttöön.

Tämän työn toimeksiantajana oli kirjoittaja itse. Kirjoittajalla on usemman vuoden kokemus 3D-mallintamisesta, erityisesti Inventor -ohjelmalla. Käyttöohjeen tarkoitus ei ole olla suora kopio Autodeskin omasta käyttöohjeesta ja se koostuu suurimmaksi osaksi omista kokemuksista tulleesta tiedosta.

Tässä työssä keskityään enimmäkseen Autodeskin Inventor-ohjelmaan, käyttöohje osuuden ollessa pelkästään siitä, mutta se sisältää myös viiden muun suosituksen 3D-suunnitteluohjelman esittelyn ja ominaisuudet. Työn lopussa käsitellään edistyneemmille käyttäjille tarkoitettuja ominaisuuksia, kuten kokoonpanojen animointia ja renderöintiä, hyödyntäen Inventor-ohjelman sisäänrakennettuja ominaisuuksia. 3D-tulostuksesta kirjoitetaan 3D-suunnitteluohjelmien näkökulmasta. Käydään läpi asioita, joita suunnittelijan on otettava huomioon, jos kappale suunnitellaan 3D-tulostettavaksi.

Tätä opinnäytetyötä hyväksi käyttäen voi aloittelija tehdä tekniset työpiirustukset ensin luonnostelemalla ja mallintamalla yksinkertaisen kappaleen, jota hyödyntäen käyttäjän on helppo laatia siitä työpiirustukset. Teknisten piirustusten luonnin toimintavat käydään läpi vaihe vaiheelta. Tämän työn avulla suunnitteluohjelman valintaa miettivä saa valintaansa helpottavaa tietoa.

Asiasanat: Inventor, käyttöohje, 3D-suunnitteluohjelmat, 3D-tulostaminen

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in mechanical and production engineering

KURU, JOONAS: 3D CAD programs
Features and a user manual

Bachelor's Thesis in mechatronics 54 pages

Spring 2015

ABSTRACT

This bachelor's thesis is about CAD programs and their 3D designing functions. It also provides a user manual of the Autodesk's Inventor program. As Inventor already has a built-in help file, the focus was on the writer's personal point of view gained from his personal experiences.

This study can be used by a beginner user to design a simple 3D part and create accurate technical drawings utilizing the part in question. For advanced users this thesis includes guides on animating and rendering assemblies of 3D designed parts using the built-in features of Inventor.

The user manual included in this study focuses only on Autodesk's Inventor product, but it has brief introductions to five other popular 3D CAD programs and features. The presentation of the features has a focus on the tiny little differences that the CAD programs have, for they are quite similar nowadays.

With the popularisation of 3D printing it seemed necessary to discuss about it in the thesis within the restrictions it currently has. Therefore, 3D printing is presented from the point of view of the designer and the proper ways on how to make a 3D designed part 3D printing capable are shown.

Key words: Inventor, user manual, 3D CAD Design, 3D printing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	3D-MALLINNUSOHJELMAT	2
2.1	Historia	2
2.2	Ohjelmien ja niiden ominaisuuksien esittely	3
2.2.1	Autodesk inventor	3
2.2.2	Solidworks	5
2.2.3	Vertex	5
2.2.4	Autocad 3D	6
2.2.5	Sketchup	8
2.2.6	Creo	9
2.3	Mallinnusohjelmat 3D-tulostamisen näkökulmasta	10
2.4	STL-Tiedostomuoto	11
3	AUTODESK INVENTOR-OHJELMA	12
3.1	Perusteet	12
3.1.1	Ohjelman avaaminen	12
3.1.2	Sketsi ja 3D-sketsi	13
3.1.3	Parametrisuus	13
3.1.4	Yksinkertaisen kappaleen mallintaminen	15
3.1.5	Pyörähdyskappaleen mallintaminen	22
3.2	Työpiirustukset yksittäisistä kappaleista	24
3.3	Työpiirustukset kokoonpanoista	35
3.4	Räjäytyskuvat ja -videot	38
3.5	Renderöinti	43
3.6	Animaatiot	49
4	YHTEENVETO	54
	LÄHTEET	55
	LIITTEET	57

1 JOHDANTO

Nykyaikana, kun kaikki suunnittelu tehdään tietokoneella, on mielestäni hyvä kertoa hieman siitä. Valitsin tämän aiheen, koska minulla on ikääni nähden paljon kokemusta 3D-mallintamisesta työni ja koulutukseni kautta (tekninen piirtäjä).

Tässä opinnäytetyössä keskitytään ainoastaan niin sanottuun parametriseen 3D-mallintamiseen kone- ja tuotantoteknisestä näkökulmasta. Tässä työssä ei siis käsitellä taiteellisia tai rakennuspiirtämisen ohjelmia. Toki parametrisilla mallinnusohjelmilla voi mallintaa vaikka kerrostalon, mutta siihen se ei ole suunniteltu ja siihen tehtävään löytyy kätevämpiä ohjelmia.

Olen valinnut tämän työn pääohjelmaksi Autodesk Inventorin, koska se on erinomainen suunnitteluohjelma ja siitä minulla on eniten kokemusta. Inventoria ei myöskään ole kouluaikani juurikaan käytetty tunneilla, joten on hyvä, että muutkin tietävät tämän ohjelman ja sen ominaisuudet

Työkokemukseni (käytännön) kautta olen oppinut näitä asioita ja olen huomannut tietyt tekniikat parhaaksi ajan kuluessa kokemusteni kautta. Vaikka opinnäytetyöni on käyttöohjeen omainen, en pyrkinyt selittämään jokaikistä komentoa tarkalleen, vaan pyrin oleellisuuteen kokemusteni perusteella. Joka ohjelmasta kuitenkin löytyy Help-valikko ja tarkoitus ei ole lähteä kopiomaan sitä.

Sivuan tässä työssä myös hieman 3D-tulostamista, koska se on tämänhetkinen työtehtäväni, mutta myös trendi ja mahdollisesti tulevaisuudessa arkipäiväistä normaalien ihmisten keskuudessa.

2 3D-MALLINNUSOHJELMAT

2.1 Historia

Entisaikaan eli 1970-luvulla kaikki suunnittelu tehtiin käsin konttoreissa skaalati-kun ja lyijykynän kanssa. Jo siihen aikaan oli kuitenkin olemassa 2D-suunnitteluohjelmia, jotka olivat kuitenkin kalliita ja alkeellisia, mikä johtui osit-tain senaikaisen teknologian alkeellisuudesta. Siihen aikaan ajatusmaailma oli myös enemmänkin 2D-ulotteisen kuvan paperilla korvaaminen 2D-ulotteisella kuvalla näytöllä. 1977 perustettu Dassault Systèmes alkoi kuitenkin kehittää uu-denlaista 3D-suunnittelua, jossa ei piirretty kuvantoja vaan koko kappale tietoko-neella. (Hietikko 2010, 14 – 15.)

1980-luvulla tehokkaampien PC-tietokoneiden yleistyessä alkoi CAD-suunnittelu (computer aided design, tietokoneavusteinen suunnittelu) olemaan yhä arkipäiväi-sempää suunnittelutoimistoissa. Yksi urauurtavista oli 1982 perustetun Autodes-kin Autocad-ohjelma, jonka lisenssikään ei ollut enää kuin 1000 dollaria. Autocad oli kuitenkin puhtaasti 2D-suunnitteluohjelma siihen aikaan, kuten lähes kaikki muutkin suunnitteluohjelmat. (Hietikko 2010, 14 – 15.)

Poikkeuksena tähän oli Dassault Systèmesin CATIA, jonka se julkaisi vuonna 1982. Kyseessä oli siis yksi ensimmäisistä täysin 3D-pohjaisista suunnitteluoh-jelmista. Toisesta edelläkävijästä on mainittava suomalainen Vertex, jolla on voi-nut 3D-mallintaa jollain tasolla jo vuodesta 1981. (Hietikko 2010, 14 -15 ; Vertex 2015a.)

Myöhempi innovatiivinen ohjelma on 1988 julkaistu Pro/ENGINEER, joka esitte-li maailmalle parametrisen 3D-mallintamisen. Kyseinen tapa on niin tehokas, että nykyään kaikki suunnitteluohjelmat käyttävät sitä. Se oli kuitenkin UNIX (linux)-pohjainen ohjelma. Ensimmäinen kunnon suunnitteluohjelma Windowsille kehi-tettiin vasta 1995, jolloin Dassault sai julkaistuksi SolidWorksin. Se sai arvostusta siihen aikaan helpolla käyttöliittymällä. (Hietikko. 2010, 14 - 15).

Sen jälkeen mallinnusohjelmat ovat toki kehittyneet paljon, mutta peruskivet luo-tiin 1980- 1990-luvulla. (Hietikko 2010, 14 - 15).

2.2 Ohjelmien ja niiden ominaisuuksien esittely

Vähäänkään 3D-mallintamista harrastanut tietää, että 3D-suunnitteluohjelmia on markkinoilla todella monta. Sen vuoksi olen tähän työhön koonnut yleisimpien mallinnusohjelmien esittelyt. Opiskeleman alan ja mallinnusohjelmien suuren määrän takia keskityn ainoastaan koneteknisiin ominaisuuksiin.

On tosiasia, että nykyään suosituimmat ja parhaimmat mallinnusohjelmat ovat hyvin samankaltaisia toistensa kanssa. Lähes jokaisessa ohjelmassa on Microsoftin uusi Ribbon-käyttöliitymä, jokainen ohjelma osaa kokoonpanot, tekniset piirustukset ja jonkinlaisen renderöinnin ohjelmien hintaluokan ollessa samaa luokkaa, noin muutaman tonnin riippuen lisenssistä. Valinta perustuu siis niihin pieniin ohjelmien välisiin eroihin, jotka olen tähän opinnäytetyöhön pyrinnyt selvittämään.

Seuraavissa luvuissa kerron parametrisuudesta suunnitteluohjelmien yhteydessä. Pidempi selitys on luvussa 3.1.3, mutta yksinkertaisesti sanoen se tarkoittaa, että kappaleen jokainen muoto ja viiva on mitoitettu ja ne ovat jollain tavalla suhteessa toisiinsa.

2.2.1 Autodesk inventor

Inventor on Autodeskin vuonna 1999 julkaisema teknisen piirtämisen 3D-mallinnusohjelma, joka on yhteensopiva yhtiön muiden tuotteiden kanssa. Kuten kaikki Autodeskin tuotteet, on tämäkin opiskelijoille ilmainen opintojen aloituksesta valmistumiseen. Inventorin muut lisenssivaihtoehdot ovat LT ja professional, joista LT sisältää kaiken tarpeellisen perussuunnittelijan tarpeisiin, kuten kokoonpanot, työpiirustukset ja visualisoinnin. Professional on erityisesti hyödyllinen, jos käyttää standardikirjastoa tai tekee ohutlevymallinnuksia. Opiskelijalicenssi sisältää professionalin ominaisuudet. (Autodesk 2015a, Autodesk 2015b, Autodesk 2015c.)

Loput kaksi lisenssivaihtoehtoa ovat Factory Design Suite Ultimate 2015 ja Product Design Suite Ultimate 2015, joissa ovat mukana sähkö- ja tehdassuunnittelu sekä kehittyneemmät renderöintiominaisuudet. Hinnat ovat myös usemman tuhannen euron suurempia. (Autodesk 2015a, Autodesk 2015b.)

Viime vuosina Inventor on kehittynyt huomattavasti käyttäjäystävällisemmiksi muun muassa Ribbon-käyttöliittymän käyttöönoton ja paranneltujen ohjetekstien myötä. Tehokäyttäjille on tullut uusia pikavalikoita ja hiirieleitä (KUVIO 1). On makuasia pitääkö näitä muutoksia hyödyllisinä vai ei. Pidän niitä sekavina ja myönnän, että Solidworksin käyttöliittymä on selkeämpi tässä suhteessa.



KUVIO 1. Esimerkki uudesta valikosta. Valinnat on tässä versiossa järjestetty ympyrämuotoon normaalin valikon lisäksi.

Inventorin hyviin puoliin kuuluu sen täydellinen yhteensopivuus Autocadin kanssa. Se tallentaa tekniset piirustukset automaattisesti DWG-tiedostomuotoon (Autocadin oma tiedostomuoto) mahdollistaen sen, että käyttäjä voi tehdä 2D-kuvannot ensimmäiseksi Autocadilla ja sitten muuttaa ne helposti 3D-ulotteiseksi Inventorissa. Tämä ominaisuus voi olla hyödyllinen esimerkiksi profiilituotteita suunniteltaessa. Inventorilla ja 3D-mallinnusohjelmilla ylipäättään ei ole kovin kätevää tehdä edistyneitä 2D-kuvantoja (Kun puhutaan itsepiirretyistä kuvannoista, ohjelma antaa nappia painamalla mallinnettujen kappaleiden kuvannot). (Edulearn 2014.)

2.2.2 Solidworks

SOLIDWORKS (ennen SolidWorks) on ranskalaisen Dassault Systèmes -ohjelmistalon kehittämä, vuonna 1995 julkaistu CAD-ohjelma. Yritys perustettiin alun perin vuonna 1993 Solidworks Corporation - nimellä, kunnes Dassault osti sen vuonna 1997. SolidWorks tarjoaa kolme eri lisenssivaihtoehtoa, jotka ovat standard, professional ja premium. Myös opiskelijoille on tarjolla oma lisenssi, joka pohjautuu premium-versioon, mutta oppilaille kotikäyttöön kyseinen ohjelma on maksullinen.

- Standard eli perusversio sisältää esimerkiksi Inventorista poiketen ohutlevy- ja hitsausmallinnuksen perusominaisuuksien lisäksi.
- Professional tuo mukanaan renderöinnin ja osakirjastot.
- Premium sisältää simuloinnin sekä putkien ja johtojen reititysominaisuudet.

(Solidworks, 2015a)

Solidworksillä tehtyjä mallinnuksia voi tallentaa yli 30:een eri tiedostomuotoon sisältäen kaikki tärkeimmät mallinnus- ja piirto-ohjelmat sekä 3D-tulostimien käyttämä muoto STL. Kehittyneenä mallinnusohjelmana sen käyttöliittymä on helposti omaksuttavissa aloittelijoillekin. (Solidworks, 2015b.)

.

2.2.3 Vertex

Vertex on suomalaisen vuonna 1977 perustetun Vertex Systems Oy:n suunnitteleluohjelmistosarja. Vaikka kyseessä on suomalainen ohjelma, se on silti kansainvälisestikin käytössä. Yhtiöllä onkin myyntikonttorit Euroopassa, Aasiassa, Australiassa ja Amerikassa.

Vertex on ollut edelläkävijä 3D-mallinnuksessa tuoden sen tuotteeseensa jo vuonna 1981 sekä uudemman ACIS-standardin se otti käyttöön 1989 monien muiden

valmistajien edellä. Yhtiön erikoisuus on CAD/PDM-yhteisratkaisut. (Vertex b. 2015)

Suomalaisuutensa ansioista siinä on kaikki suomalaiset piirrosmerkit, standardit ja se on myös saatavilla suomenkielellä, toisin kuin yksikään muu kuudesta ohjelmasta, joista tässä opinnäytetyössä puhun. Vertexin erikoisuus on kehittynyt suurten kokoonpanojen hallinta. Alikokoonpanon kaikki osia ei välttämättä piirrettä suuressa kokoonpanossa, jotta säästetään tietokoneen kapasiteettia sekä lisätään havainnollistettavuutta. Kaikki osat ovat kuitenkin mukana kokoonpanossa ja täten myös esimerkiksi lujuuslaskemissa, vaikka osaa osista ei olisi piirettynä ruudulle sillä hetkellä. (Vertex, 2015a, ; Vertex 2015b.)

Vertexissä on olemassa myös räjäytyskuvatoiminto, joka on kehittyneempi kuin esimerkiksi Autodeskin Inventor-ohjelmassa (kirjoittajan henkilökohtainen mielipide). Räjäytyskuvat Vertexissä ovat luettavissa myös maallikon silmin. (Vertex, 2015b.)

2.2.4 Autocad 3D

Autocad 3D on perus Autocad-ohjelman ominaisuus, joka tulee ohjelman täysversion mukana, eikä sitä löydy halvemmasta lite-versiosta. Mitään Autocad 3D -ohjelmaa ei siis ole olemassa, mutta selkeyden vuoksi on helpompi puhua Autocad 3D:stä tässä luvussa. Vaikka Autocad 3D ja Inventor ovat saman ohjelmistotalon kehittämiä, on kyseessä todella paljon toisistaan poikkeavat ohjelmat (suunnitteluohjelmia vertaillen).

Muut ohjelmat saattavat olla kehittyneempiä, mutta 3D:llä voi kuitenkin halutesaan tehdä parametrisia mallinnuksia ja jopa työpiirustuksia, joiden kuvannot ovat suoraan mallinnuksesta, aivan kuten Inventorissa, SolidWorksissa ja muissa hyvässä mallinnusohjelmissa. On huomattava, että mahdollinen ei tarkoita helppokäyttöisyyttä tai tehokkuutta.

3D:n parhaisiin ominaisuuksiin sen sijaan kuuluu sen renderöintiominaisuudet. Vertailtaessa ominaisuuksia suosittuihin ohjelmiin, kuten Inventoriin ja So-

lidWorksiin, jäävät kummatkin jälkeen monissa renderöintiin liittyvissä ominaisuuksissa. Seuraavassa on lista niistä.

- Valaistuksen lisääminen on helppoa ja mukana on ”aurinko-ominaisuus”, eli kuvan voi renderöidä valonlähteellä, joka on esimerkiksi samassa kulmassa maatasoon nähden kuin aurinko Lahdessa huhtikuun 5. päivä kello 13:37. Kulma tulee automaattisesti, kun paikkatiedot täytetään ohjelmaan. Ominaisuus tosin lienee hyödyllisempi talosuunnittelussa kuin konesuunnittelussa. Muistakin ohjelmista löytyy samantapainen ominaisuus (yleisvalaistus tietyssä kulmassa), mutta 3D on ainut, jossa voi valita sijainnin ja määrittää valaistus sitä kautta. (KUVIO 2)
- Heijastukset tai tarkemmin heijastavat pinnat, joita on helpompi sijoitella ja muokata.
- Varsinaiset renderöinnin asetukset ovat kehittyneemmät. Käyttäjä voi valita renderöinnin tason (”hyvännäköisyyden”) tarkemmin sekä valita kehittyneitä ominaisuuksia, kuten Ray Tracing, joita on yleensä vain ohjelmisissa 3DSMax, Photoshop ja vastaavat. Käyttäjä voi myös renderöidä pilvipalvelimella, mikä auttaa myös tehokkaiden tietokoneiden omistajia, koska varsinkin animaatioiden renderöinti on pitkä ja paljon tehoa vaativa prosessi. Saatavilla on myös efektejä, kuten sumu ja kameran ”walk & fly”-ominaisuus.



KUVIO 2. Esimerkki renderöinnistä aurinko-toiminnolla. Asetuksiin on laitettu talon sijainti todellisuudessa.

2.2.5 Sketchup

Google SketchUp (ent. SketchUp) on julkaistu 1999 suunnittelualan parhaimpien asiantuntijoiden tekemänä, jotka halusivat tehdä ihmisille helpotusta 3D-mallintamiseen, pienellä 500 dollarin hinnalla. SketchUp on siis, ja on vieläkin, erityisesti aloittelijoille suunnattu mallinnusohjelma. Tässä tarkoitetaan helppoa 3D-mallinnusohjelmaa, peruskäyttökin vaatii noin 4 tunnin opettelun. Tänä päivänä kun parhaimmatkin mallinnusohjelmat ovat muuttuneet helpommin opittaviksi, on Sketchupilla oma yleisönsä varsinkin, kun vuonna 2006 Google osti ohjelman ja antoi sen ilmaiseksi kaikille. (Chopra, 2009 12-15.)

Toisin kuin muissa ohjelmissa, Sketchupissa ei tehdä erillisessä 2D-ikkunassa sketsejä, jotka vain sekoittavat aloittelevat käyttäjät, vaan ollaan koko ajan 3D-tilassa. Helppokäyttöisyys näkyy myös siinä, että kappaleita on mahdollista tehdä ilman mittoja, esimerkiksi esittelläkseen kappaleen visuaalista puolta. (Chopra 2009 12-17.)

Sketchupin alkeellisuus tulee esille, jos haluaa esimerkiksi laskea kappaleen tilavuuden, koska ohjelma ei tee Solideja eli kiinteitä kappaleita toisin kuin Inventorissa ja SolidWorksissä. Kaikki ohjelmalla tuotetut kappaleet ovat onttoja sisältä eli ne näyttävät visuaalisesti hyvältä, mutta eivät sovellu kaikilta osin konetekniiseen piirtämiseen. (Chopra, 2009 12-17.)

Erikoisuutena on Pro-version erillinen 3D-tulostin tila, jossa voi mallintaa ottaen huomioon Makerbot Replicator 2X-tulostimien tulostustilavuuden. Muille tulostimille ei näytä olevan tukea, eikä Sketchupilla voi tallentaa STL-tiedostomuotoon. Makerbot on kuluttajahintaisten tulostimien valmistaja. (Chopra, 2009 12-17.)

2.2.6 Creo

Creo on PTC- ohjelmistotalon kehittämä vuonna 2011 ilmestynyt mallinnusohjelma. Creoa alettiin kehittämään vuonna 2009 yhtiön toisen tuotteen PRO/ENGINEERin korvaajaksi, ja käytännössä Creo onkin vain kehittyneempi siitä. Pro/E-ohjelmalla tehdyt piirustukset ovat täysin yhteensopivia Creon kanssa. Autodeskin tavoin PTC-ohjelmistotalon ohjelmat ovat keskenään yhteensopivia. (Econocap, 2015.)

Creon erikoisuus on sen mahdollisuus tehdä taiteellisia muotoja, vaikka kyseessä on teknisen piirtämisen parametrinen suunnitteluohjelma. Siinä on siis 3DS Maxista ja muista taiteellisimmista mallinnusohjelmista tuttuja työkaluja, kuten mahdollisuus venyttää, kiertää kappaletta hiirtä vetämällä ilman tarvetta mitoittaa. Siinä on myös muita kilpailijoita kehittyneempi liikkeen simulointi (kirjoittajan henkilökohtainen mielipide) sekä sillä on mahdollista tallentaa STL-tiedostoksi, joka on 3D-tulostimien käyttämä muoto. (Econocap 2015; Convia 2015.)

Creon toinen omalaatuinen puoli on sen oma CAD ja CAM yhteensopivuus mahdollistaen mallinnusten siirron suoraan Creo Parametricista PTC:n omaan CAM-ohjelmaan ja siitä tuotantoon Creon lisenssivaihtoehtoina ovat vain peruslissenssi, mahdolliset lisäominaisuudet ovat maksullisia laajennuksia. Erillisiä pro-versioita ei ole, kuten yleisimmin on muissa ohjelmissa. (Econocap 2015; Convia 2015.)

2.3 Mallinnusohjelmat 3D-tulostamisen näkökulmasta

3D-mallintamisen yhteydessä on luontevaa kirjoittaa myös 3D- tulostamisesta, koska kaikki tulosteet ovat lähtöisin virtuaalimaailmasta, CAD-ohjelman luomana. 3D- tulostaminen kehitettiin vuonna 1984, eli paljon aikasemmin kuin nykyisin yleisesti käytössä olevat CAD-ohjelmat. Tänä päivänä, kun molemmat teknikat ovat jo yleisiä, eivät ne kuitenkaan kommunikoi keskenään odotetulla tavalla. Suurimmista ohjelmista oikeastaan SolidWorks ja Creo osaavat edes tallentaa 3D-tulostimien vaatimaan tiedostomuotoon (STL), mutta nekään eivät osaa tarkastaa STL-tiedoston eheyttä, joka on tärkeä asia 3D-tulostamisessa. 3D-tulostimet ovat jo nyt niin kehittyneitä, että 3D-mallinnusohjelmilla ei edes päästä 3D-tulostimien äärirajoille kappaleiden monimutkaisuudessa ja tarkkuudessa. (Lipson & Kurman, 2013. 97 - 100.)

Toisin kuin yleisesti luullaan, on 3D-tulostaminen jo kymmeniä vuosia vanha keksintö, mutta jonka yleistymistä ovat valmistajien patentit haitanneet. Vasta viime aikoina, kun kriittiset patentit ovat rauenneet, ovat kuluttajahintaiset tulostimet ilmestyneet markkinoille.

Uusin innovaatio tulostamisessa ovat kappaleet, jotka sisältävät monia materiaaleja esimerkiksi hammasharja, jonka harjaosat ovat pehmeitä ja varsi kova. Nykyisillä mallinnusohjelmilla ainut tapa suunnitella sellainen kappale on tehdä siitä kokoonpano tai mallintaa harja ja varsi erikseen ja yhdistää ne tulostimen omalla ohjelmalla. (Lipson & Kurman, 2013. 97 - 100)

3D-tulostamisen yleinen tietämys on enimmäkseen keskittynyt muoviin, jonka värin määrittelee tulostimessa käytetty muovi. Totuus on kuitenkin, että on mahdollista tulostaa kipsiä, metallia ja uusimmilla prototyypeilla on mahdollista tulostaa jopa ruokaa.

3D-tulostimien yleistyessä on vaarana patenttien pitävyys tulevaisuudessa, jos tavallinen ihminen voi tulostaa mitä tahansa omasta kodistaan käsin.

2.4 STL-Tiedostomuoto

STL on siis mp3:een ja jpg:een verrattavissa oleva tiedostomuoto, joka kehitettiin samaan aikaan ensimmäisten 3D-tulostimien kanssa 3D-tulostinvalmistajan 3D Systemsin kehittämänä. STL on siis se tiedosto, jonka 3D-tulostimet lukevat ja halkaisevat tuhansiksi kerroksiksi (Layer) käytettävän tarkkuuden mukaan ja sitten tulostavat. (Lipson & Kurman, 2013. 97 - 100)

Siihen aikaan sekä tulostimilla että mallinnusohjelmilla oli vain vähän muistia käytössään, joten STL suunniteltiin kappaletta yksinkertaistavaksi tiedostomuodoksi, joka pyyhki pois mallinnuksen kaikki värit ja tarkimmat muodot. Toisin kuin mallinnusohjelmien tiedostomuodoissa, STL:ään tallennetaan vain kappaleen muoto kolmioina. (Lipson & Kurman, 2013. 97 - 100)

Monet ongelmat 3D-tulostamisessa juontavat juurensa STL-tiedostomuotoon, joka on lyhenne sanoista stereolithography tai standard tessellation language riippuen keneltä kysyy. Kun suunnittelija on mallintanut kappaleen, on se käännettävä STL:ksi esimerkiksi 3D-suunnitteluohjelman omalla kääntäjällä. Käytännössä kuitenkin 3D-tulostajan on vielä tarkistettava STL jollakin muulla ohjelmalla esimerkiksi Netfabb, joka osaa korjata tiedoston virheet, joita lähes joka kerta syntyy STL-tiedostoa luotaessa. (Wai Hon Wah 1999; Lipson & Kurman. 2013. 97-100)

Jos virheitä ei tarkista ja korjaa, saattaa jokin kolmio jäädä osoittamaan väärään suuntaan aiheuttaen virheitä tulosteeseen, jos sitä yrittää tulostaa. Virhe voi olla esimerkiksi, että tulostettaessa putkea saattaa putki ollakin umpinainen sisältä. Virheet aiheutuvat muutaman väärään suuntaan osoittavan kolmion takia. (Wai Hon Wah, 1999; Lipson & Kurman, 2013. 97-100)

Nyt 30 vuotta myöhemmin STL on vieläkin yleisin tallennusmuoto ja sen ikä aiheuttaakin osan ongelmista tulostimien ja ohjelmien yhteensopivuudessa. Tavallinen yleisö kuitenkin tekee mallinsa yleisillä mallinnusohjelmilla, joten STL-ongelma tulee jatkumaan vielä pitkään. 3D-tulostuksen uudeksi standardiksi on ehdotettu AMF:ää (additive manufacturing format), mutta sillä ei ole juurikaan vielä tukea. (Lipson & Kurman, 2013. 100 - 101)

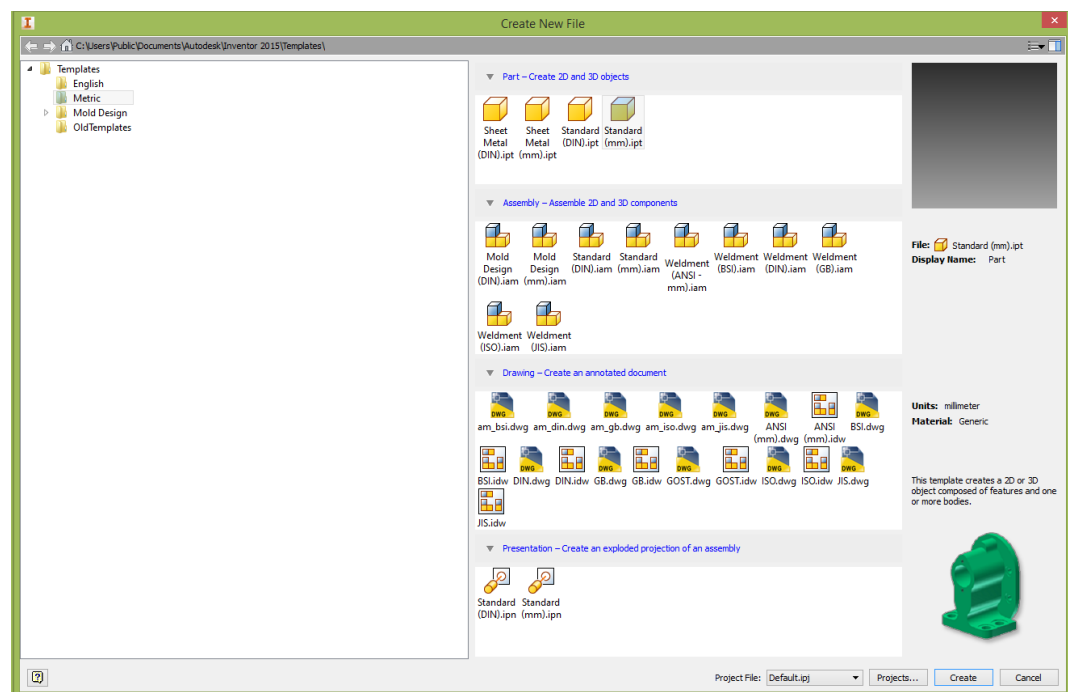
3 AUTODESK INVENTOR-OHJELMA

3.1 Perusteet

Tämän käyttöohjeen ensimmäiset luvut opettavat Inventor- ohjelman peruskäytön. Aloitetaan ohjelman avaamisesta ja tehdään ensimmäiseksi luonnos eli sketsi, joka pursotetaan 3-ulotteiseksi kappaleeksi. Sen jälkeen näytetään toimintavat, joilla kappaleesta saadaan tehtyä työpiirustukset.

3.1.1 Ohjelman avaaminen

Ohjelma avataan käynnistämällä Autodesk Inventor ja painetaan New, jolloin saadaan eteen seuraavanlainen ikkuna.



KUVIO 3. Ohjelman aloitusikkuna

Voidaan halutessa piirtää tuuma- tai millimetrimitoituksella (vasemmanpuolinen valikko). Valitaan oikealta haluttu työkalu. Yleisimmissä tilanteissa paras vaihtoehto on perus millimetrimitoitus eli esimerkiksi Standard(mm).ipt

- Part: Yksittäisen kappaleen mallinnus. Valittavana on normaalimallinnus sekä ohutlevymallinnus kahden eri standardin mukaan.

- Assembly: Tämän avulla yksittäiset kappaleet liitetään kokoonpanoiksi. Valittavana on Standard ja Weldment eri standardien mukaan. Weldment on kätevä, jos kappaleet on tarkoitus hitsata toisiinsa kiinni.
- Drawing: Työpiirustusten teko eri standardien mukaan. Hyvä vaihtoehto on Iso.idw
- Presentation: Tällä saadaan aikaan räjäytyskuvat- ja videot.

Renderöinnin ja animaation tekemiseksi valitaan Environments välilehdeltä Inventor Studio, kun kappale tai kokoonpano on avattuna. Tästä kerrotaan lisää luvuissa 3.6 ja 3.7. (KUVIO 3)

3.1.2 Sketsi ja 3D-sketsi

3D-mallinnuksessa lähdetään aina liikkeelle 2D-kuvasta, jota kutsutaan sketsiksi (Sketch), jolle annetaan sen kolmas ulottuvuus (pursotus) myöhemmässä vaiheessa. Se on nimensä mukaisesti luonnos halutun kappaleen profiilista tai muusta sivukuvannosta. Halutessaan sketsi olla hyvinkin pitkälle viety kuva pyöristykseen ja viisteineen, mutta useimmiten on järkevintä tehdä perusmuodot, jotka ovat parametrisesti toisiinsa sidottuna ja mitoitettuna.

3D-sketsi on kuin normaali sketsi, mutta viivoja voi piirtää kolmanteen ulottuvuuteen. Käsky on tarkoitettu niin sanottujen sweeppien tekoon esimerkiksi mallinnettaessa tankoja tai muita profiilikappaleita. Aloittelevan käyttäjän on helpompi tehdä normaaleja 2D-sketsejä, koska siitä ei ole mitään hyötyä perusmallinnuksessa, eikä siitä ei löydy kaikkia 2D-sketsin toimintoja.

3.1.3 Parametrisuus

Parametrisuus tarkoittaa mallinnusohjelmien yhteydessä, että sketsin ja kappaleen viivat sekä muodot ovat suhteessa toisiinsa niin, että ne eivät voi liikkua vapaasti, mahdollistaen kappaleen helpon muokattavuuden kappaleen muodon kärsimättä. Kappalettahan voi muokata helposti, vaikka se ei olisi parametrinen, mutta kone-

suunnittelussa on tärkeää, että muodot eivät pääse liikaa karkaamaan. Parametrisessa piirtämisessä tarkoitus on, että voidaan muuttaa kappaleen yhden sivun pituutta, muuttuvat muut sivut sen mukana säilyttäen kappaleen eheyden. Tämä ei tietenkään onnistu, jos joka sivulle on annettu ehdoton mitta, tämän vuoksi on mallintamisessa käytettävä rajoitteita (Constrain, KUVIO 4), jotka kertovat ohjelmalle viivojen suhteet. Suhteita voivat olla esimerkiksi, että 2 viivaa ovat kohtisuorassa, vierekkäin tai peilattuna toisiinsa nähden.

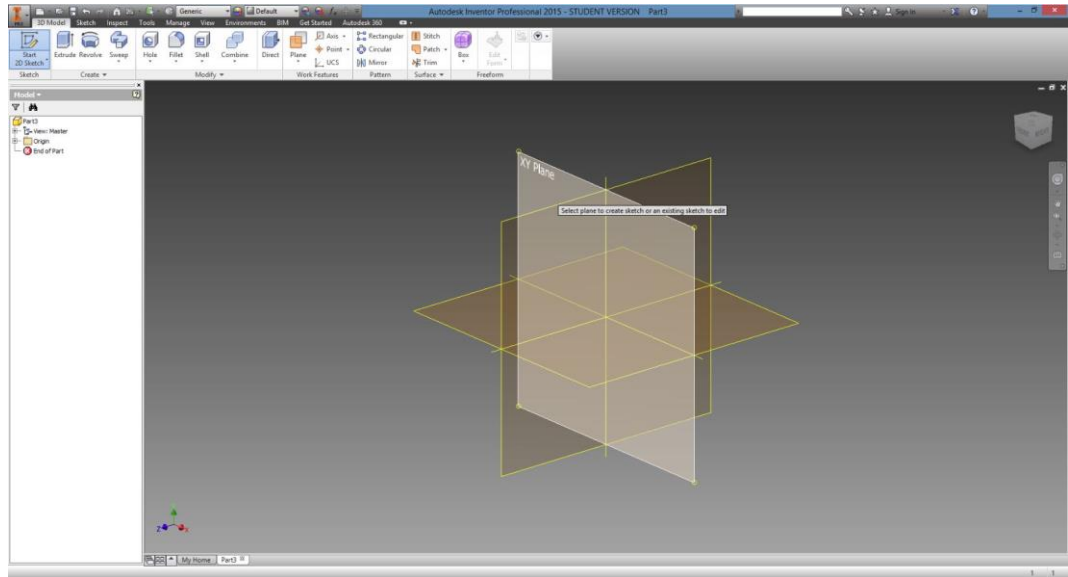
Autodesk Inventor on kuitenkin kehittynyt ohjelma, joka tekee rajoitteet automaattisesti mitoitettaessa, niin että sketsi harvoin menee ”ylirajoitetuksi”. Ohjelma yksinkertaisesti ei anna tehdä liikamitoituksia. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että peruskäyttäjän ei tarvitse miettiä kappaleen parametrisuuksia kovin usein. Kuitenkin monimutkaisemmissa sketseissä on käyttäjän lähes pakko tehdä rajoitteisiin omia lisäyksiä tai poistoja. (Hietikko, 2010. 21) (KUVIO 4)



KUVIO 4. Constrain-valikko

3.1.4 Yksinkertaisen kappaleen mallintaminen

Piirretään yksinkertainen kappale, jossa on mukana pyöristyksiä ja reikä. Aloitetaan valitsemalla uusi Standard(mm).ipt (kuvio X.) ja painetaan 2D-sketch-painiketta. (KUVIO 6.)



KUVIO 5. Piirustustasot

Valitaan piirustustaso aloitussketsiin. Valinta riippuu täysin siitä, mistä suunnasta kappaletta lähtee piirtämään. Jos piirretään kappaletta ylhäältä päin, valitaan XZ-taso. ”Väärän” tason valitseminen ei kuitenkaan riko tai estä kappaleen mallinnusta, mutta antaa väärät kuvannot oikean ylänurkan kuutiosta (Top eli ole ylhäältä päin ja niin edelleen). Valitaan XY-plane, koska seuraavaksi piirretään kappaleen sivuprofiili. (KUVIO 5)

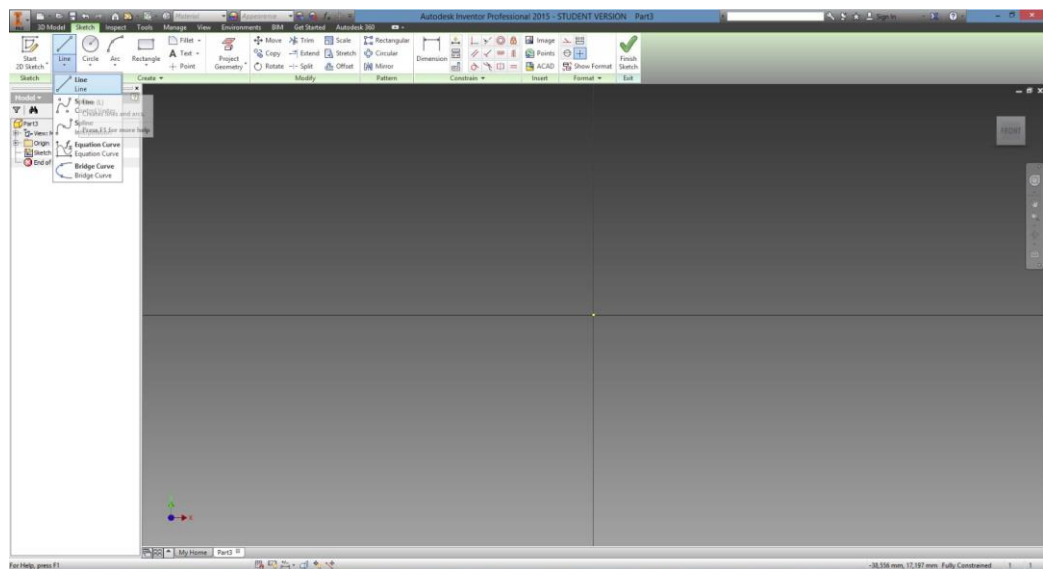


KUVIO 6. Sketch-työkalupalkki.

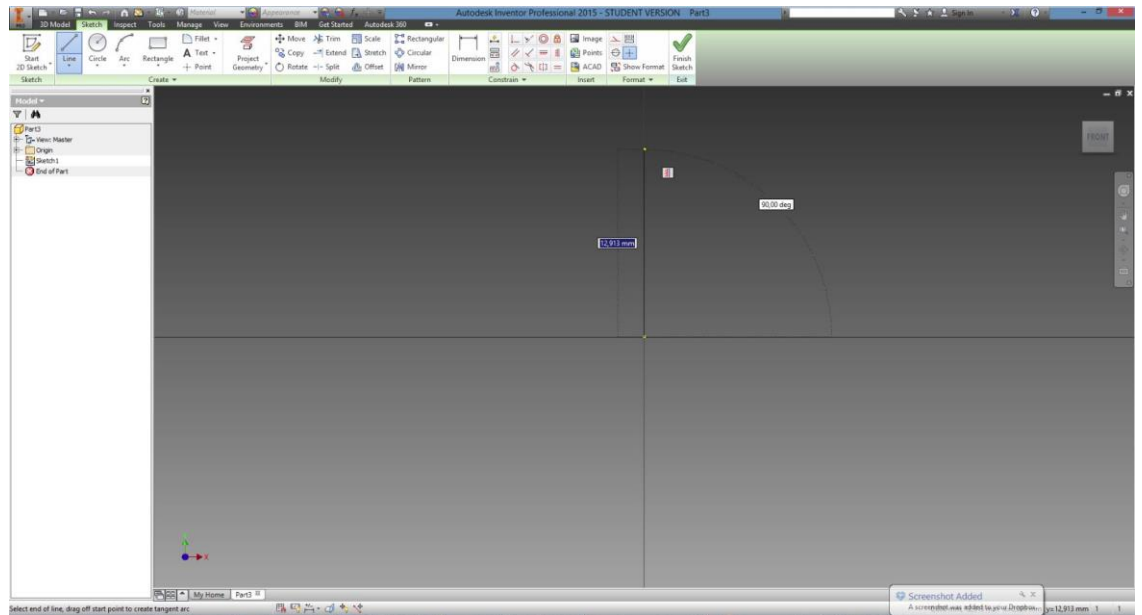
Sketch-työpalkin komennot ovat helppo ymmärtää niiden symbolien avulla. Muutaman käskyn tarkoitus ei välttämättä heti selviä symbolia katsoessa. Seuraavassa on luettelo ja selitykset epäselvistä käskyistä.

- Fillet-komennolla tehdään pyöristykset.

- Project Geometry on tärkeä komento, jos haluaa tehdä edistyneempiä mallinnuksia. Komento tulee esiin, kun tekee pursotettuun kappaleen pintaan uuden sketsin ja haluaa hyödyntää kappaleessa olevia muotoviivoja sketsissä. Näin voi uuteen sketsiin ottaa mukaan kappaleessa jo olevien muotojen reunaviivoja.
- Offset on tietynlainen kopioimiskomento. Sillä saadaan samanlaisen muodon, kuten viivan, ympyrän tai neliön, piirrettynä tietyn välimatkan päästä alkuperäisestä kopiona.
- Pattern-valikko on tärkeä, kun sketsissä esiintyy toistuvia muotoja. Sen sijaan, että piirtäisi ne yksitellen, käytetään lineaarista tai ympyrämallista toistumaa, jonka avulla voi tehdä vaikka esimerkiksi 20 samanlaista ympyrää, jotka ovat 10 mm:n päässä toisistaan.

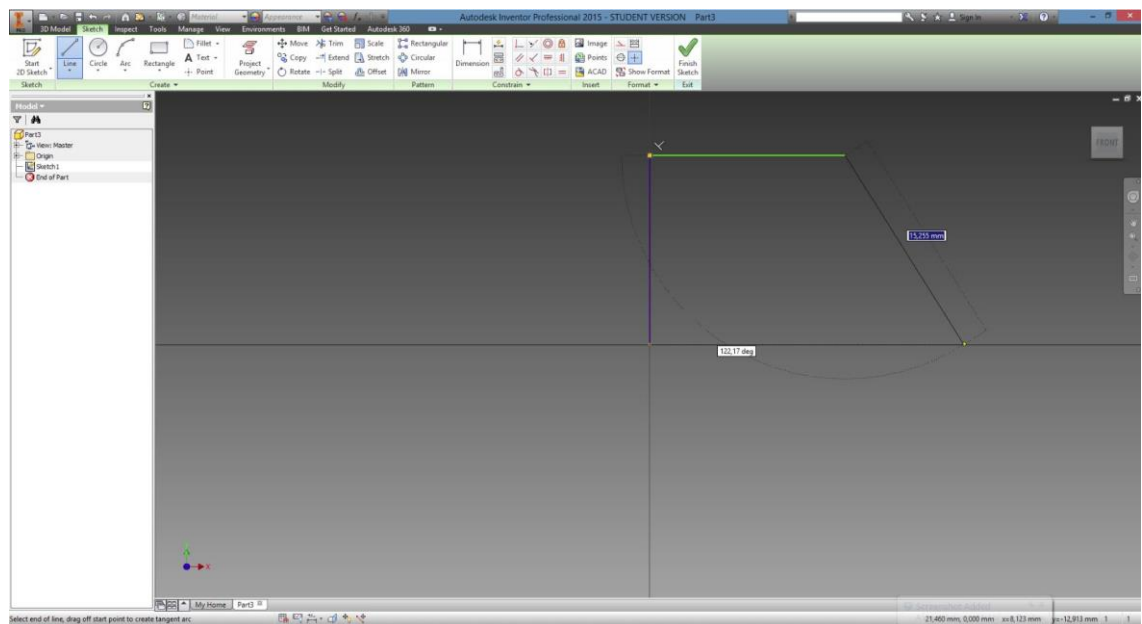


KUVIO 7. Sketsinäkömä



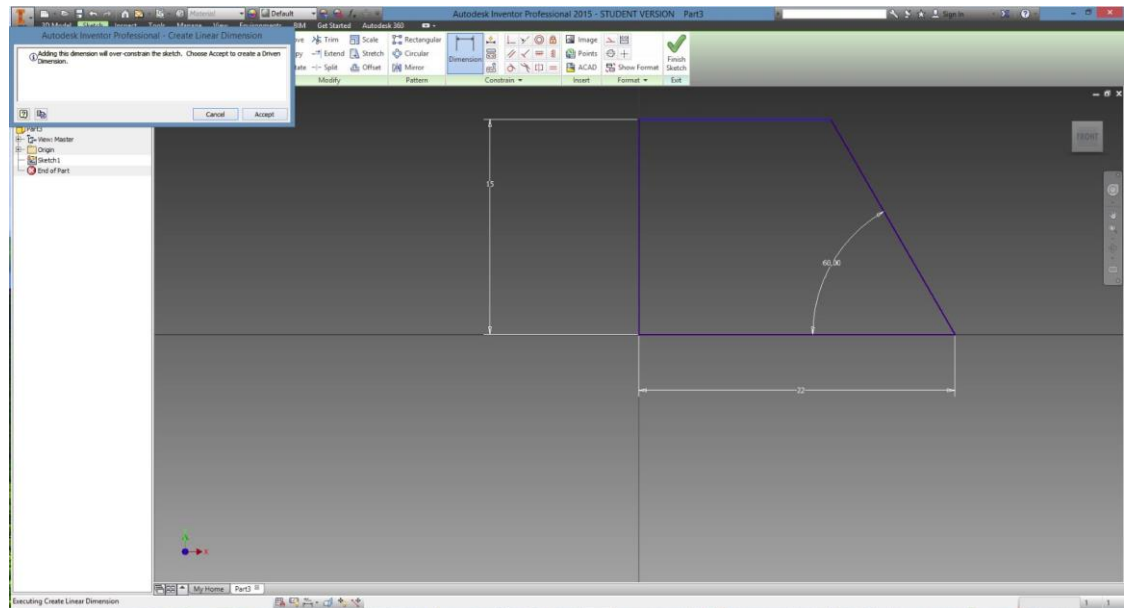
KUVIO 8. Viivan piirtäminen

Piirretään ensimmäinen viiva vasemman ylänurkan ”line”-komennolla. Aluksi piirretään sketsin perus ulkomuoto, minkä jälkeen viivoille annetaan mitat. (KUVIO 7) (KUVIO 8)



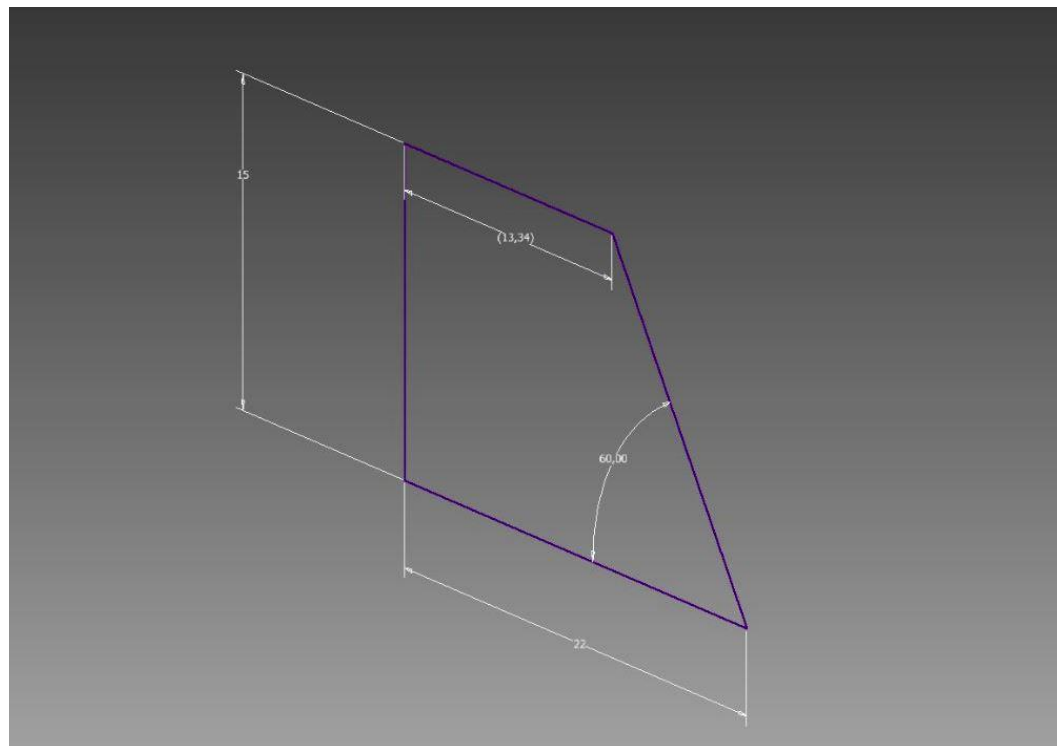
KUVIO 9. Puolisuunnikkaan piirtäminen

Piirretään kuvan näköinen puolisuunnikas. (KUVIO 9)

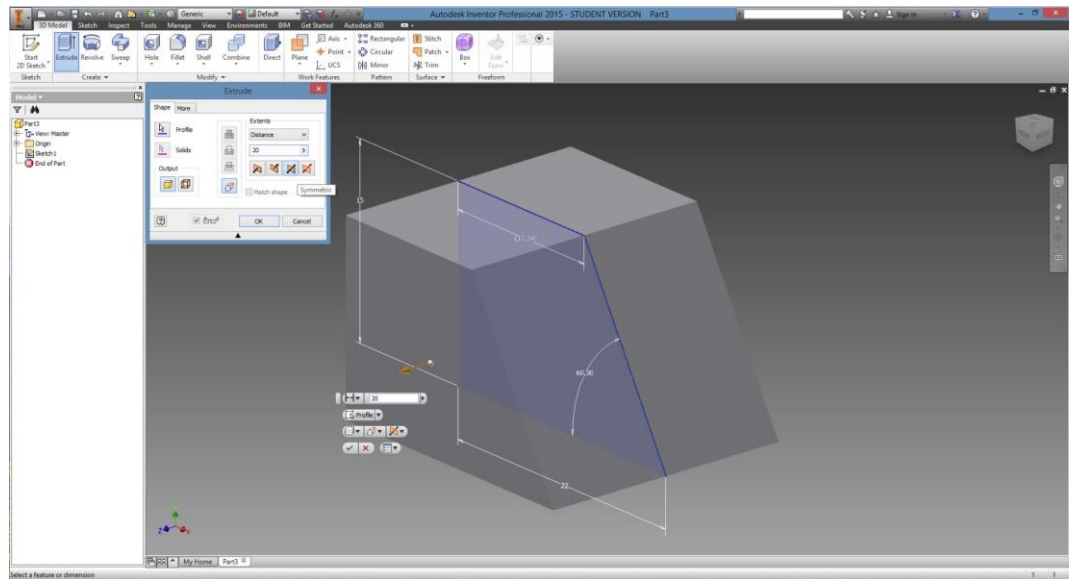


KUVIO 10. Mitoitus

Mitoitetaan sketsi Edit Dimension-painikkeella. Painetaan lopuksi Finish Sketch -painiketta. (KUVIO 10)

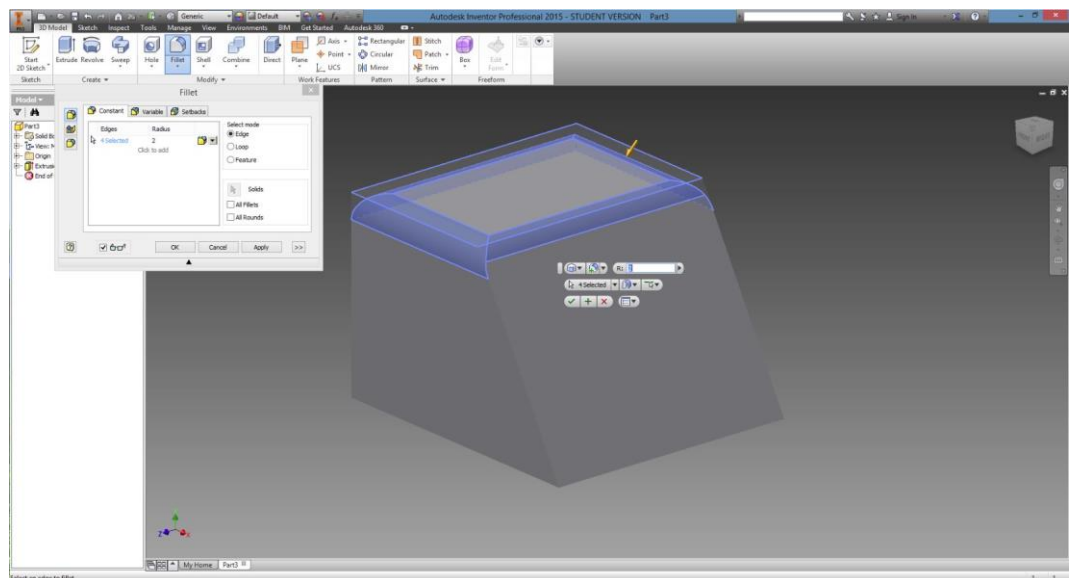


KUVIO 11. Valmis sketsi



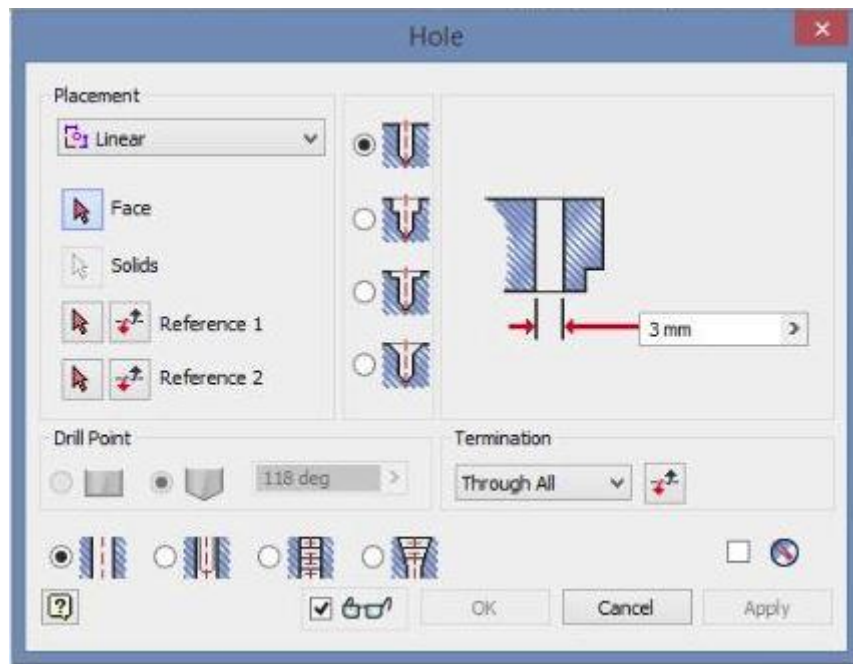
KUVIO 12. Pursottaminen

Tehdään sketsille 3-ulotteisuus Extrude-käskyllä. Suomeksi sitä referoidaan usein ”pursotukseksi”. Usein on järkevintä valita pursotus ”mid-planesta” (KUVIO 12), jolloin sketsi jää kappaleen keskelle. Tämän etuna on se, että kappaleen keskelle jää työtaso (plane), jota voi mahdollisesti hyödyntää jossain vaiheessa mallinnusta.



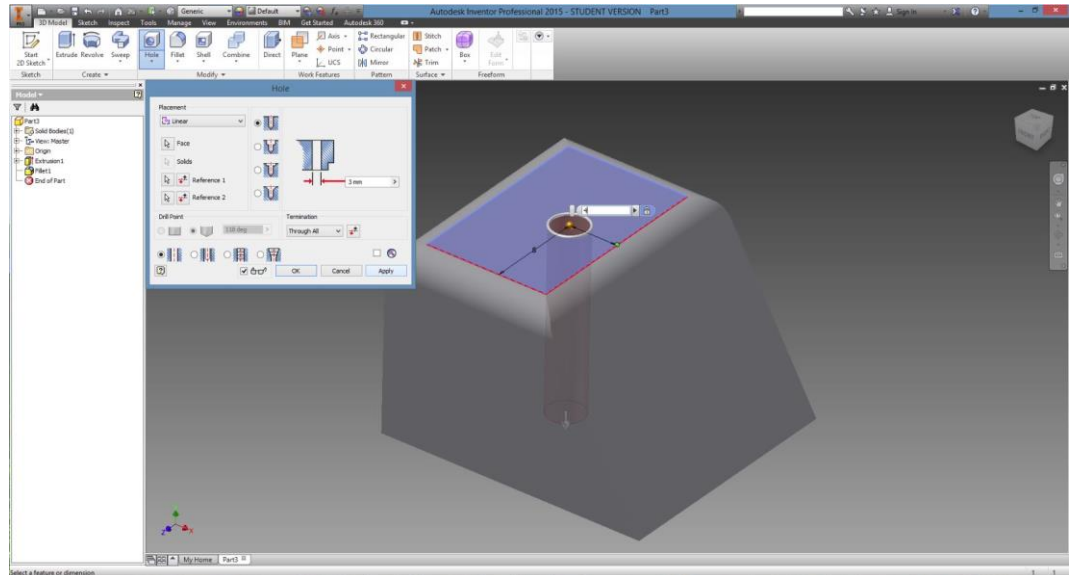
KUVIO 13. Valitaan sopivan kokoiset pyöristykset

Tehdään sopivat pyöristykset Fillet-valikosta. (KUVIO 13)



KUVIO 14. Reikätyökalu

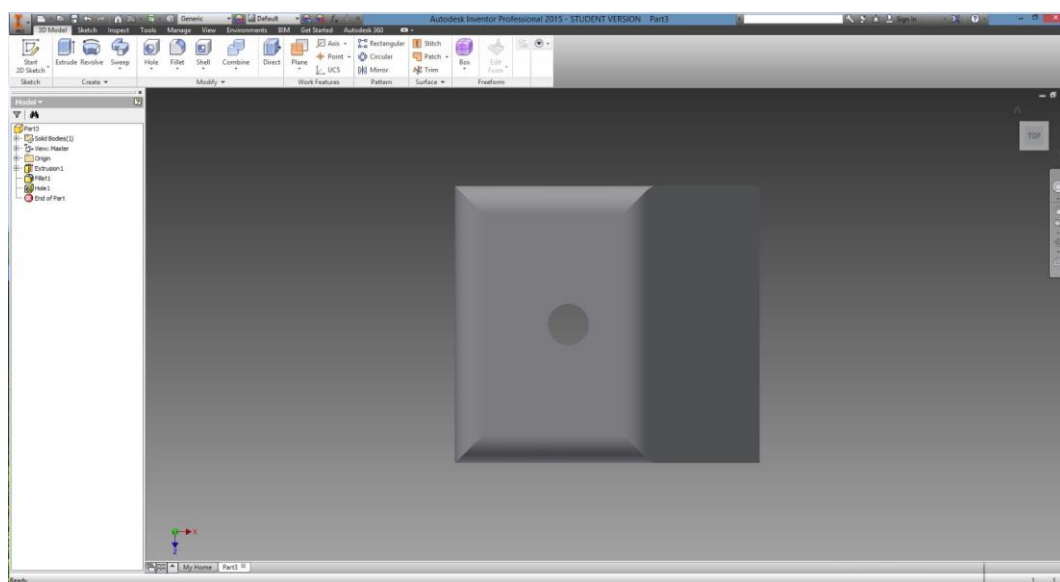
Valitaan työkaluriviltä Hole, jolloin kuviossa X oleva ikkuna avautuu. Ensimmäiseksi valitaan reiän tyyppi ja sille mitat. (KUVIO 14)



KUVIO 15. Reiän sijainnin valinta

Reiän sijoittamiseksi on hyvä valita ensimmäiseksi oikea Placement-vaihtoehto, sitten valitaan pinta, johon reikä tulee (Face). Placement-valikosta löytyvät seuraavat vaihtoehdot: (KUVIO 15)

- From Sketch ottaa paikan suoraan sketsistä, joka on tehty pinnalle, johon reikä tulee. Käytännössä sketsissä voi olla vain yksi piste tai viiva.
- Linear- kohdassa mitoitetaan reiän paikka kahdesta paikasta perusmitoitus-työkalulla.
- Concentric ottaa paikan ympyrän tai kaaren keskipisteeseen. Tämä on hyödyllinen esimerkiksi, jos haluaa tehdä akselin päähän reiän.
- On point-komennolla valitaan vain jokin piste kappaleesta.

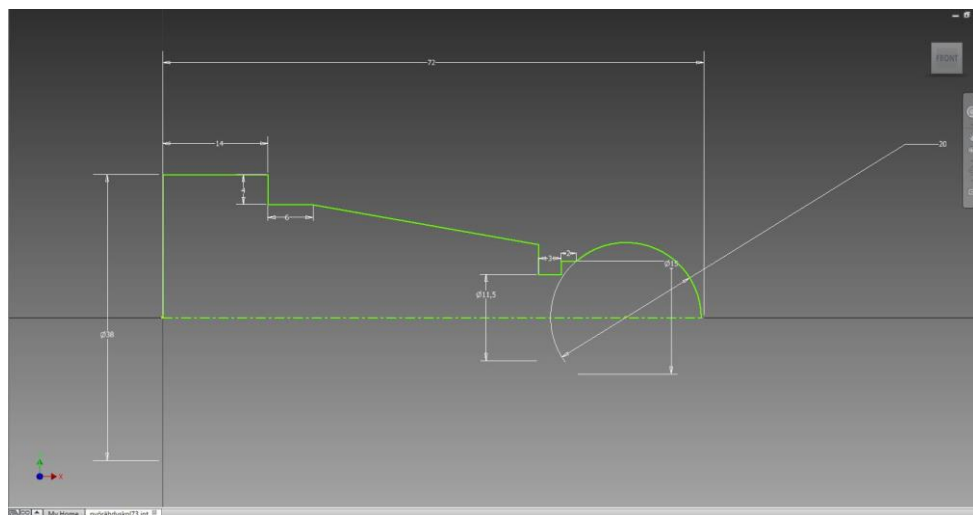


KUVIO 16. Valmis mallinnettu kappale

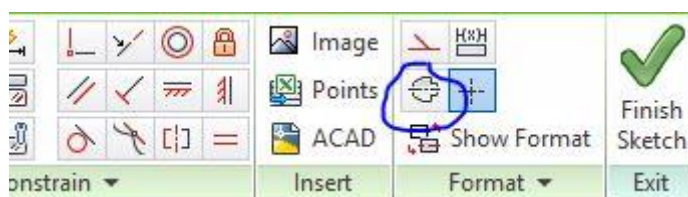
Kappale on valmis. Jotta parametrisesta mallinnuksesta olisi hyötyä, tulee siitä tehdä työpiirustukset, josta lisää luvussa 3.2. (KUVIO 16)

3.1.5 Pyörähdyskappaleen mallintaminen

Revolve-komentoa kannattaa hyödyntää, jos piirrettävä kappale on symmetrisesti pyöreä. Pyörähdys-toiminto vaatii kuitenkin sketsiin muutamia huomioitavia asioita.

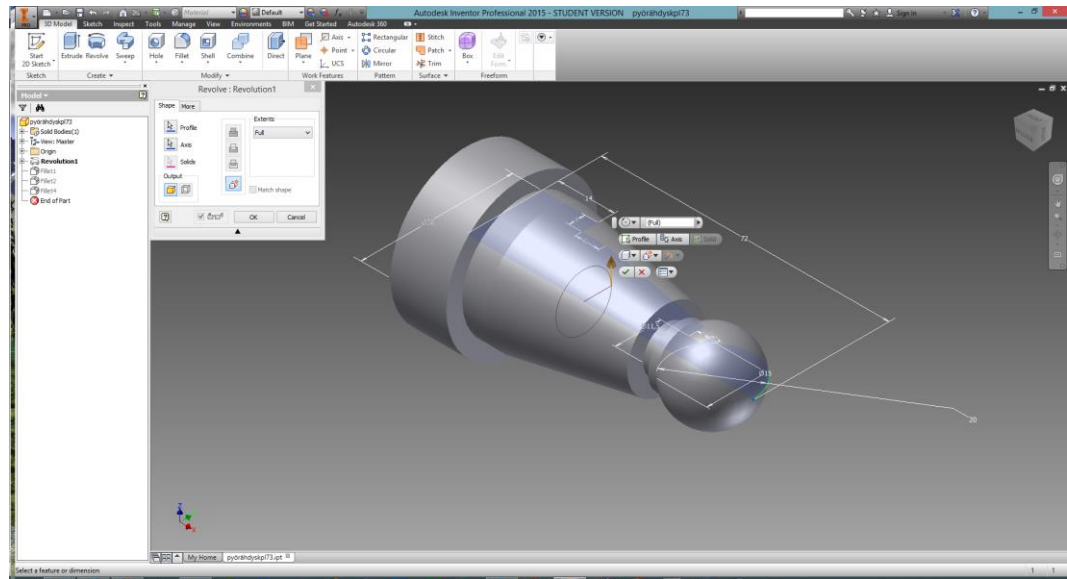


KUVIO 17. Pyörähdyskappaleen sketsi



KUVIO 18. Keskiviivan piirtäminen

Uusi tavallinen sketsi avataan työkaluriviltä. Piirretään vain kappaleen puolittainen sivuprofiili, kuten kuviossa 17. Tarvitaan myös keskelle keskiviiva, jonka mukaan kappale pyörähtää. Komento löytyy Format-välilehdeltä ympyröidystä kohdasta (KUVIO 18). On tärkeää varmistaa, että profiili on varmasti samalla tasolla kuin keskiviiva, jotta profiili on varmasti suljettu. (KUVIO 17)

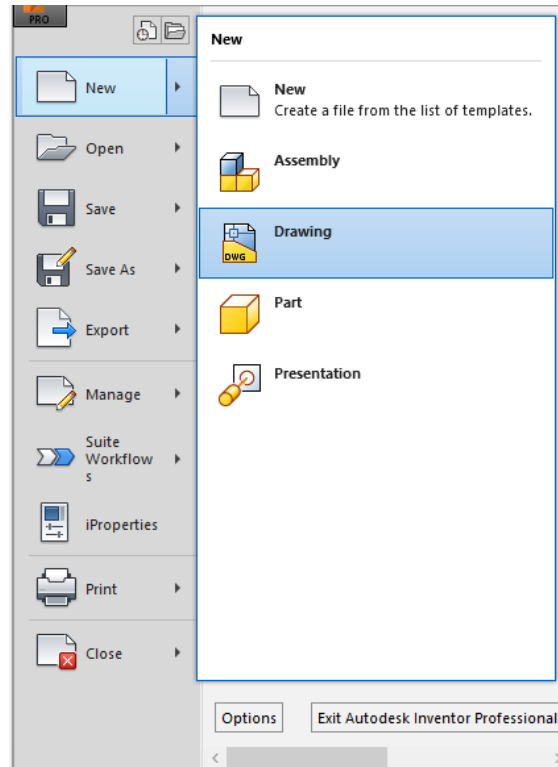


KUVIO 19. Revolve-komento, jonka jälkeen kappale on valmis

Jos Revolve-komennon toteuttamisessa on ongelmia, palataan takaisin sketsiin ja varmistutaan, että sketsi on varmasti suljettu. Mahdolliset pyöritykset voi tehdä jo sketsiin (ei suositeltu) tai sitten Revolven jälkeen Fillet-komennolla. (KUVIO 19)

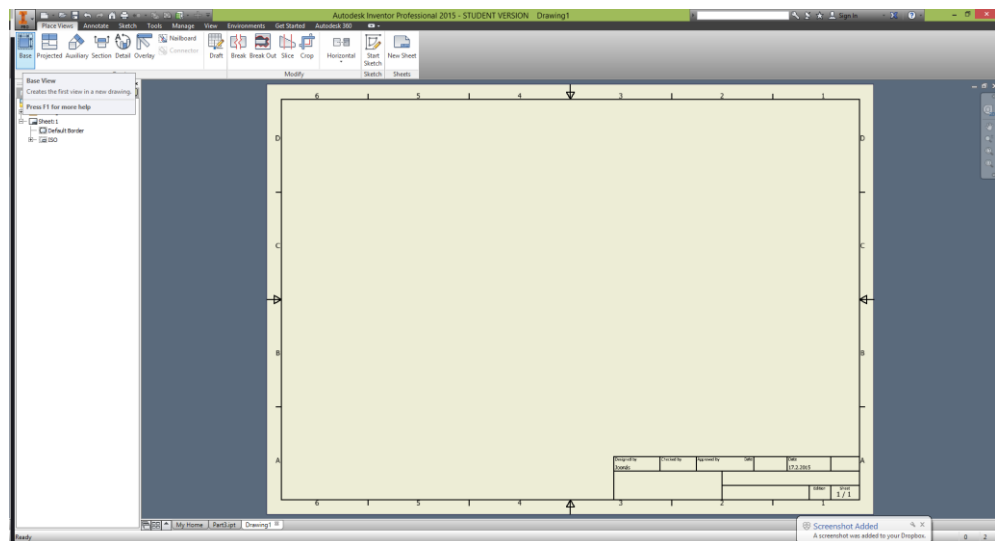
3.2 Työpiirustukset yksittäisistä kappaleista

Seuraava työvaihe mallinnusprosessissa on työpiirustusten tekeminen. 3D-mallinnusohjelmissa ei tarvitse piirtää itse 2D-kuvantoja.

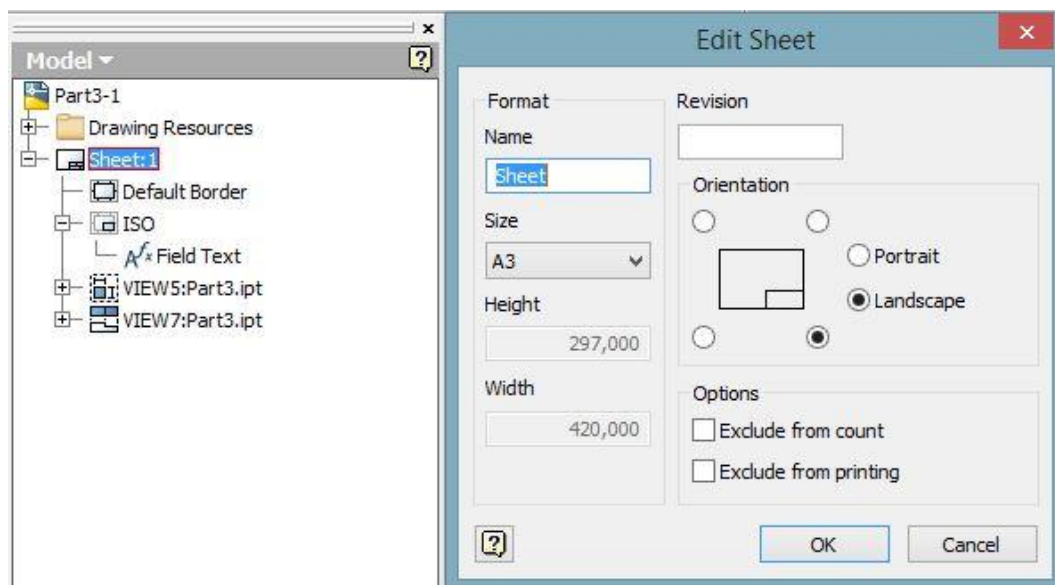


KUVIO 20. Oikean pohjan valinta

Avataan New-välilehdeltä Drawing. (KUVIO 20)

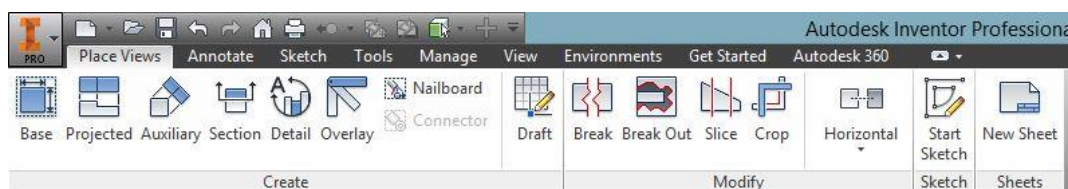


KUVIO 21. Aloitusnäkömä.



KUVIO 22. Arkin koon muuttaminen

Ennen kuin aletaan piirtämään, on hyvä valita sopiva piirustusarkin koko riippuen kappaleen koosta ja halutusta mittakaavasta. Piirustusarkkia (Sheet) voi kuitenkin muokata milloin tahansa. (KUVIO 21)

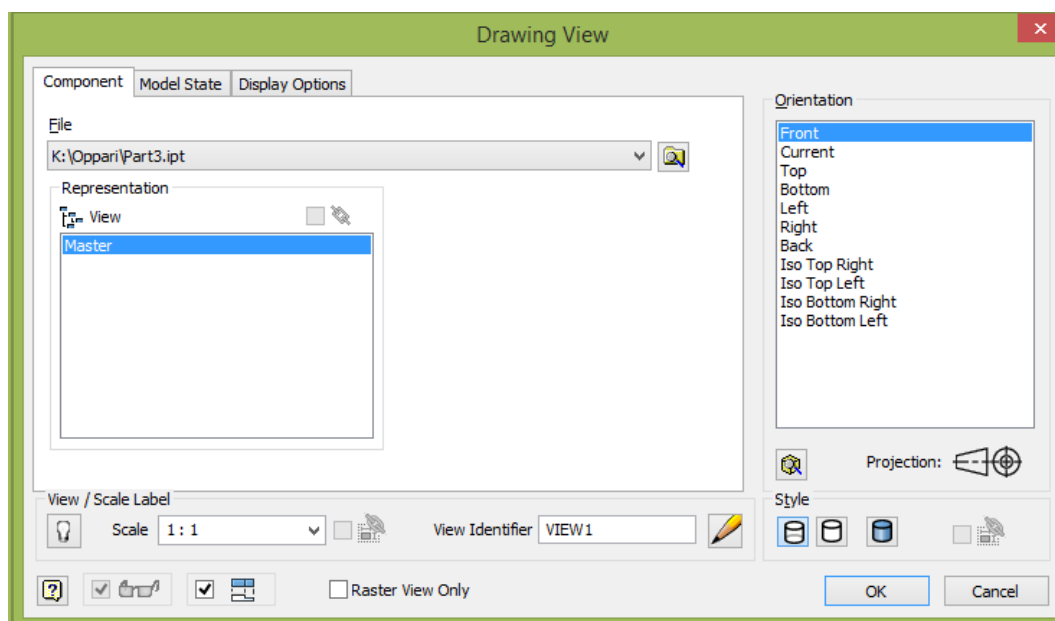


KUVIO 23. Kuvantojen hallintakomennot

Yläriviltä löydetään kuvan näköinen työkalupalkki. Alla on lueteltu komennot, jotka näkyvät kuviossa 22. Base-komennolla valitaa haluttu kappale tai kokoonpano, josta piirustus tehdään. (KUVIO 23)

- Projected-komennolla voi tehdä lisää projektiota, esimerkiksi perspektiivikuvannot.
- Auxiliary-komentoa ei juurikaan tarvita.

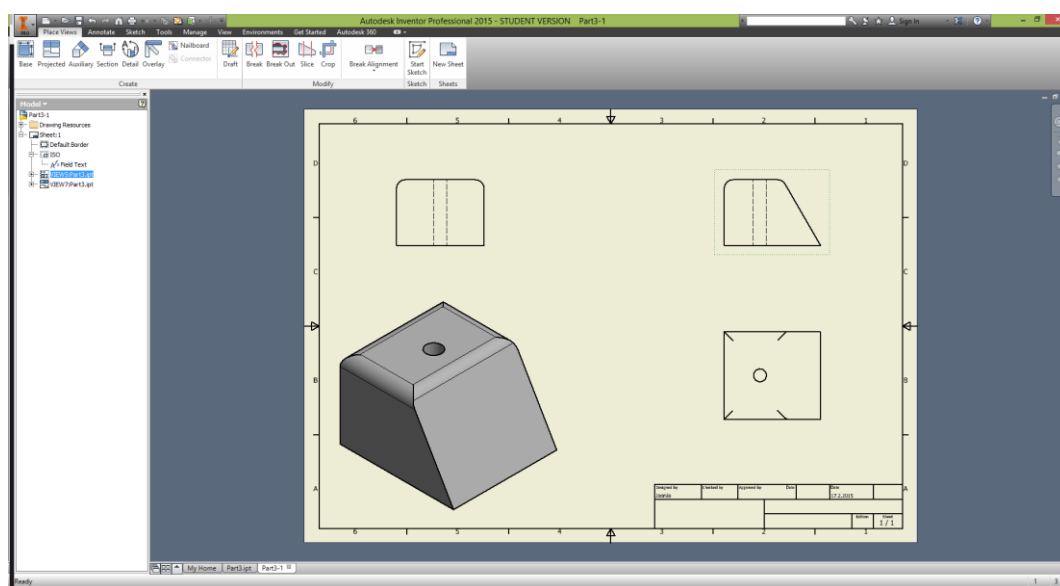
- Section-komennolla tehdään leikkaukset. Leikkaus tulee omaksi kuvannokseen.
- Detail-komennolla otetaan yksityiskohta kappaleesta ja tehdään siitä erillinen kuvanto, jonka mittakaava on useimmiten pienempi.
- Overlay liittyy kokoonpanoihin, joista lisää seuraavassa luvussa.
- Draft on sketsityökalu. Olen kokenut sen hyödylliseksi tietyissä mitoituslanteissa, kun sopivaa viivaa, josta mitoittaa, ei ole löytynyt.
- Break-komennon tarkoitus on saada pitkät kappaleet mahtumaan piirustusarkille järkevällä mittakaavalla. Komennossa valitaan vasen ja oikea puoli, joiden välinen kappale häivytetään piirustusarkilta. On siis varmistettava, että tärkeät muodot jäävät näkyviin.
- Break Out -komennolla rikotaan kappaleen pinnan halutulta alueelta ja syvydeltä auttaen piilossa olevien muotojen mitoitusta ja havainnollistamisesta.
- Slice-komento on kuin Break Out paitsi se halkoo koko kappaleen.
- Horizontal (Vertical, Break Alignment) -komennolla hallitaan kuvantojen (View) suhteita keskenään. Jos tehdään kuvantoja erillisesti, ilman Base-komentoa, on kuvanto asetettava suhteeseen jonkin toisen kuvannon kanssa pystysuoraan tai vaakasuoraan. Break Alignment hajottaa kyseisen suhteen.



KUVIO 24. Kuvannon ominaisuuksien määrittäminen.

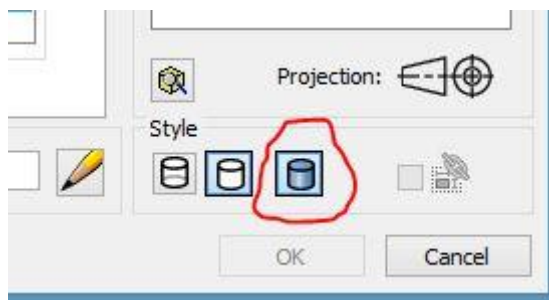
Painetaan Base-nappulasta, jolloin kuvan näköinen maisema avautuu. Valitaan File-kohdasta haluttu kappale tai kokoonpano ja viedään se kuvaan (alla), mutta ei paineta vielä hiiren vasenta painiketta. Scale-kohdasta on syytä valita sopiva mittakaava. Koneenrakennuksessa yleisimmät kaavat ovat 1:1, 1:5 ja 1:10. Tässä tapauksessa laitetaan kuitenkin 1:3. (KUVIO 24)

Orientation (katsannon suunta) kohdasta on Front useimmiten järkevin vaihtoehto. Valitaan se kuvanto, joka mahdollistaa parhaimmat projektiot mitoituksen ja havainnollistavuuden kannalta. Jos ei tiedä minkä valitsee, on vain kokeiltava. Iso-metriset näkyvät eivät ole sopivia Base-kuvannoiksi.

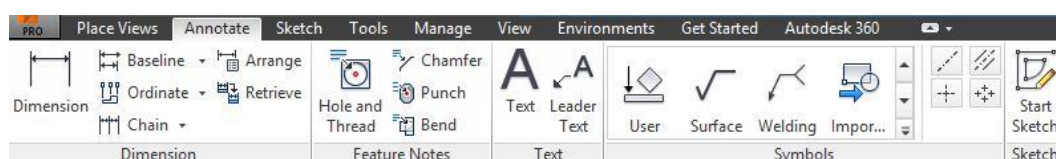


KUVIO 25. Kuvannot sijoiteltuna

Oikeaan ylänurkkaan asetetaan sivukuvanto ja sitten vedetään projektiot vasemmalle ja alas sekä alaviistoon, jotta saadaan vielä perspektiivikuvanto mukaan. Muutetaan perspektiivikuvanto suureksi klikkaamalla sitä hiiren oikealla ja valitsemalla Edit View tai kaksoisklikataan kuvannon päällä. Muutetaan sen mittakaava (Scale, edellinen kuva) 1:1. Vaihdetään sen Style varjostetuksi (Shaded), nappula sijaitsee oikeassa alanurkassa. (KUVIO 25) (KUVIO 26).



KUVIO 26. Tyylin vaihto

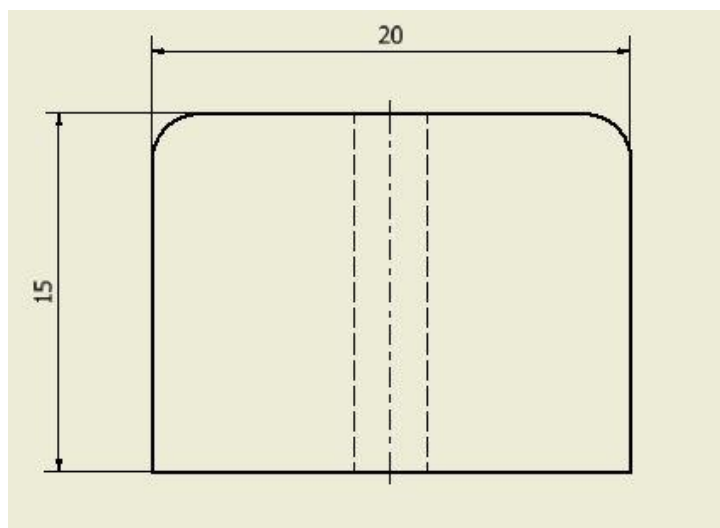


KUVIO 27. Työkalurivi, jolla voi mitoittaa

Seuraavaksi aletaan mitoittamaan. Tärkeimmät käskyt yllä olevasta työkalurivistä ovat seuraavat:

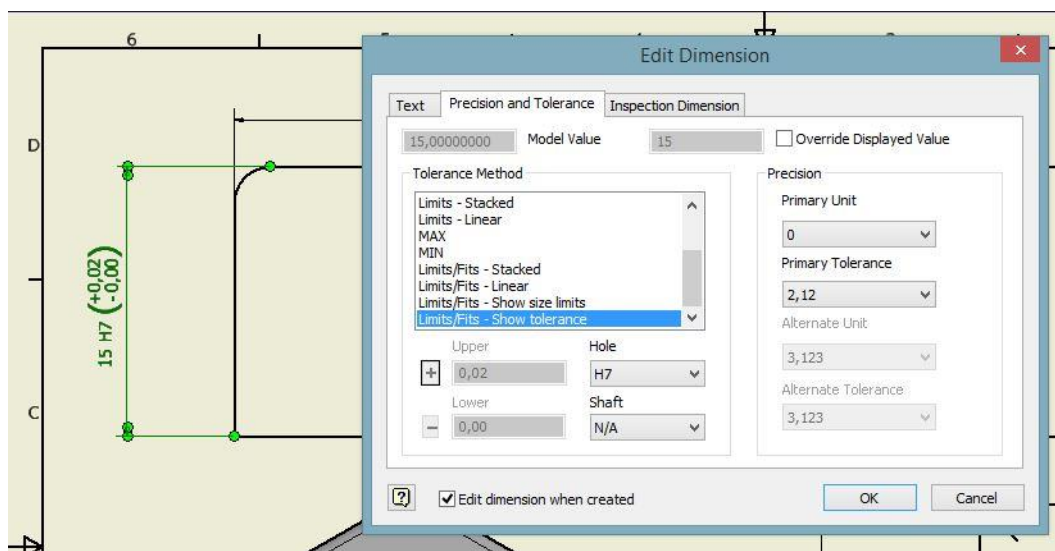
- Dimension. Perus mitoitustyökalu.
- Baseline. Valitaan alkupiste esimerkiksi akselin vasen nurkka ja sen jälkeen kaikki akselin muodot. Muodostaa monta normaalia mitta, joiden lähtöpaikka on vasen nurkka.
- Ordinate. Samanlainen kuin Baseline, mutta siitä muodostuu vain yksi mitta viiva.
- Chain on ketjumitoitus.
- Hole and Thread. Reikien ja kierteiden merkitsemistyökalu.
- Chamfer. Viisteiden merkitsemistyökalu
- Leader Text. Teksti-käsä, jossa on nuoli osoittamassa paikkaa.

Oikeassa laidassa ovat symmetria- ja muiden apuviivojen työkalut. (KUVIO 27)



KUVIO 28. Esimerkki mitoituksesta

Dimension-käskyn ollessa valittuna valitaan viiva tai kahden viiva väli jonka mitta halutaan lisätä kuvaan. Kulmien ja ympyröiden (pyöritysten) mitoitus tapahtuu samalla käskyllä. Kuvaan on jo lisätty reiän keskiviiva. (KUVIO 28)

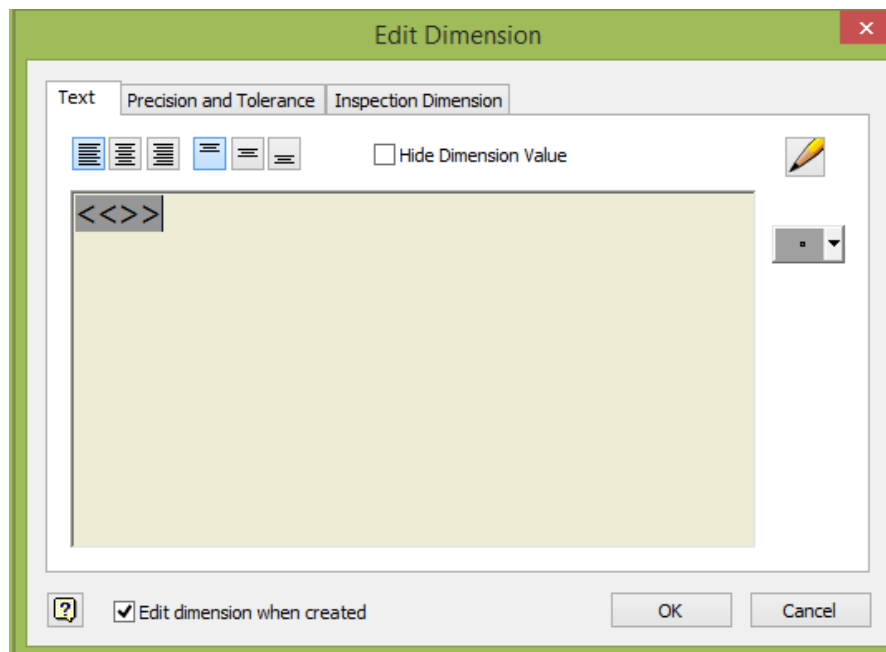


KUVIO 29. Mitoituksen tarkkuuden ja toleranssin muokkaaminen

Valitaan Dimension-käsky ja mitoitetaan joku kohta kappaleesta (esim KUVIO 28), jolloin yllä oleva ikkuna aukeaa. Täältä saadaan toleranssit ja tarkkuudet. Muutetaan tarkkuus eli desimaalien määrä nollassi, ellei kappale sitä vaadi. On hyvä käydä asetuksissa muuttamassa mitoituksen toleranssit kohdilleen. Se on järkevää tehdä, kun tarkoituksena on tehdä perusmitoitusta ilman toleransseja. (KUVIO 29)

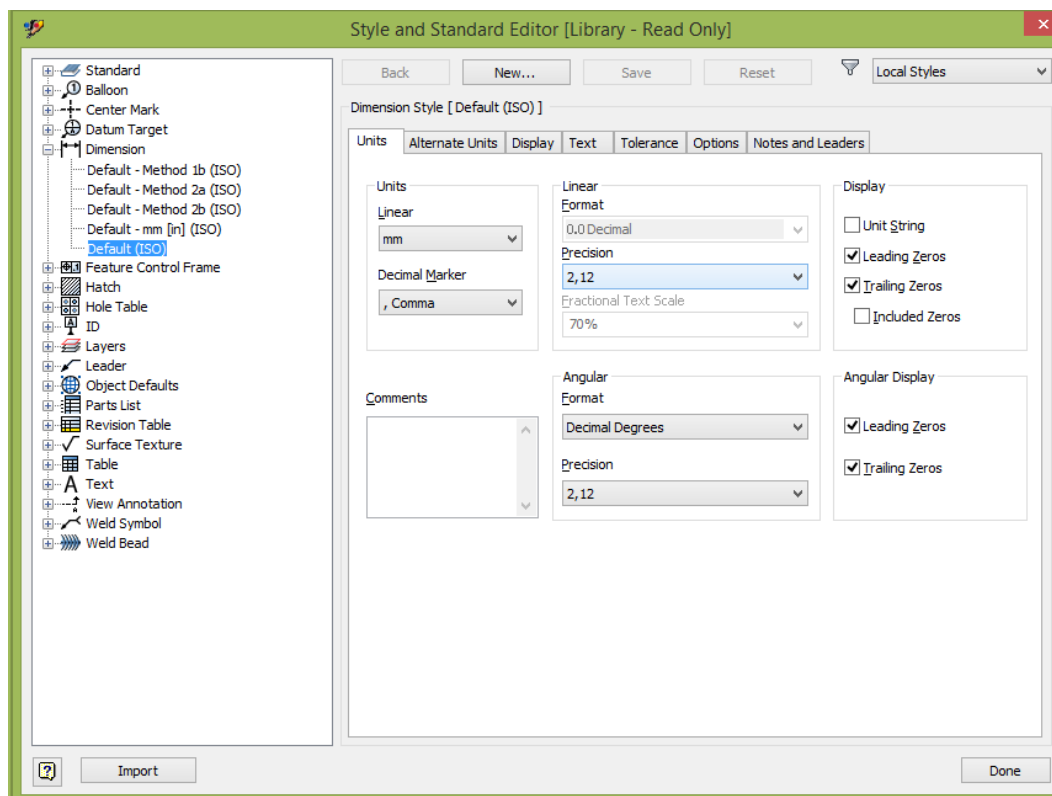
Override Displayed Value on hyödyllinen esimerkiksi, jos tiettyä mittaa on erityisen vaikea tehdä kuvaan, johtuen vaikkapa kuvannon mittakaavasta, ja haluaa vain säilyttää tyylikkään ulkoasun. Kyseisellä käskyllä voi laittaa mitoitukselle minkä arvon tahansa, mutta pienille mittaheitoille riittää useimmiten desimaalien vähentäminen nollassa, mikä automaattisesti pyöristää mitan tasalukuun.

Lopuksi suositellaan ottamaan täppä pois Edit dimension when created -kohdasta, muuten tämä ikkuna aukeaa joka kerta, kun halutaan tehdä mitoitus.



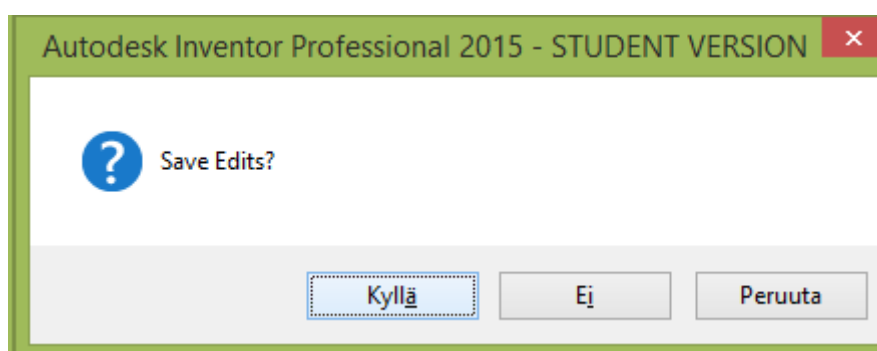
KUVIO 30. Mitoituksen mittatekstin muokkaaminen

Text-välilehti auttaa usein reikien mitoituksessa, oikeasta alavetovalikosta voi valita halkaisija-merkin ja lisätä se <<>>-merkkien eteen. (KUVIO 30)

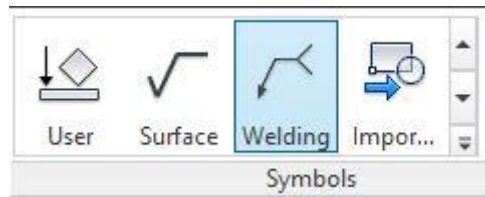


KUVIO 31. Mitta-asetukset

On helpompaa mitoittaa, kun ei tarvitse joka mitan kohdalla säätää asetuksia. Tämän vuoksi on hyvä mennä muokkaamaan mitoituksen asetuksia. Klikataan oikealla mitan päältä ja valitaan Dimension-kohta. Muutetaan sieltä Precision nolaksi desimaaliksi mitoituksen nopeuttamiseksi. (KUVIO 31)

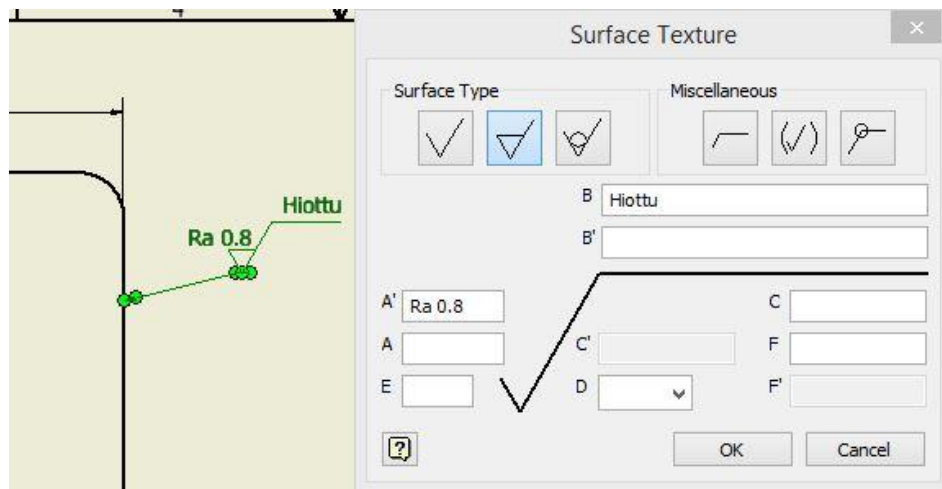


KUVIO 32. Muistetaan tallentaa muutokset



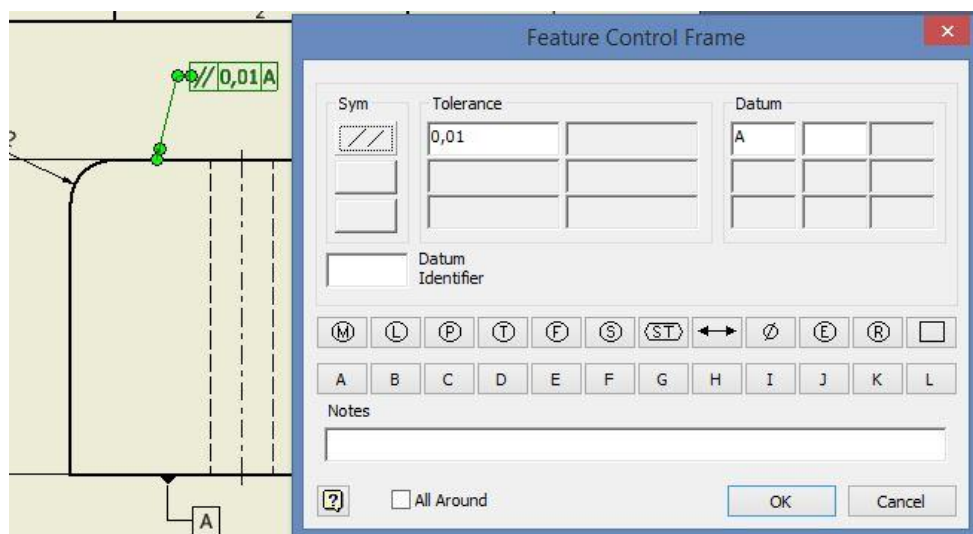
KUVIO 33. Pinnanlaatu- ja hitsausmerkinnät sekä geometriset toleranssit

Annotate-välilehdeltä löydetään pinnanlaadun, toleranssin sekä hitsauksen symbolit. (KUVIO 33)



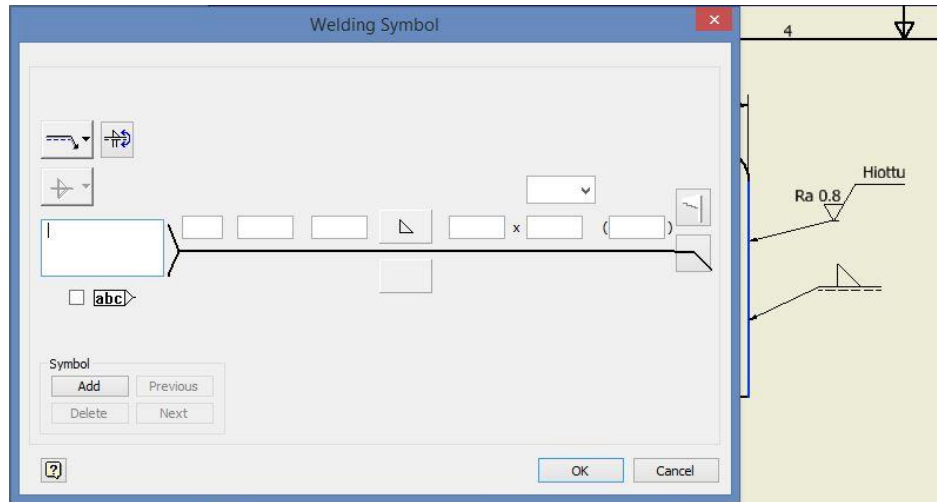
KUVIO 34. Pinnanlaadun merkitseminen kuvaan

Valitaan käsky ja klikataan haluttua pintaa eli reunaviivaa kuvannossa. (KUVIO 34)



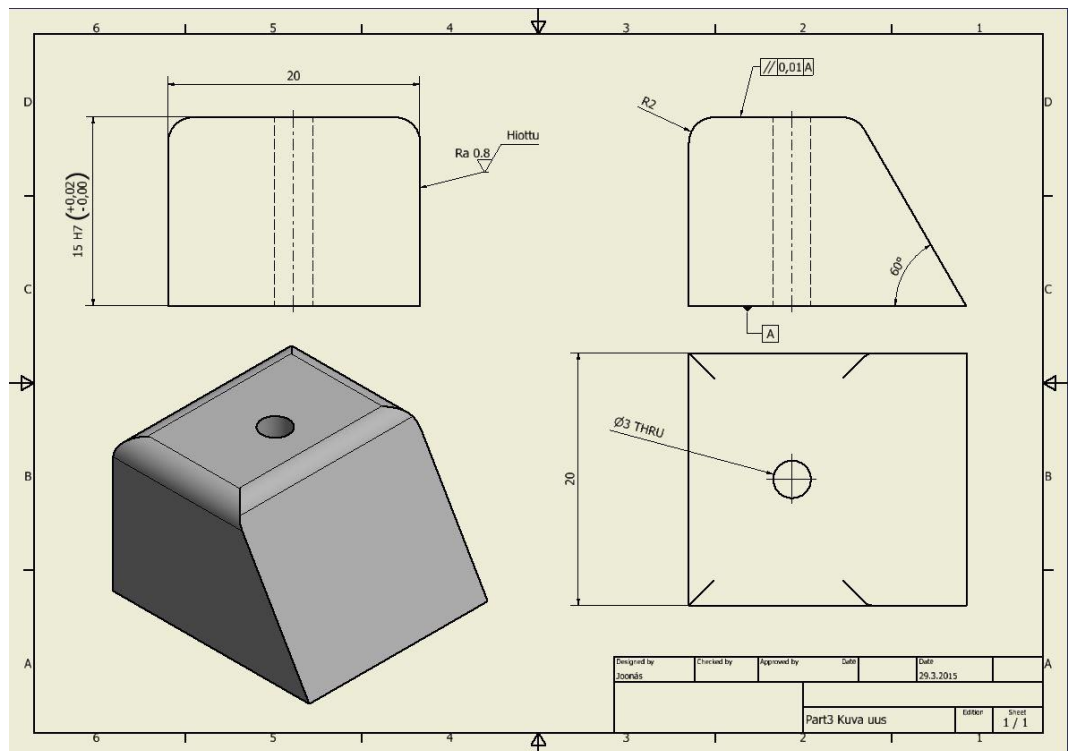
KUVIO 35. Geometristen toleranssien määrittäminen

Valitaan ensimmäiseksi valikosta Feature Control Frame-komento ja laitetaan se kappaleen yläpintaan ja merkitään halutut toleranssit. Lopuksi Datum-komennolla saadaan viittaava ”A-kirjain” kappaleen alareunaan. (KUVIO 35)



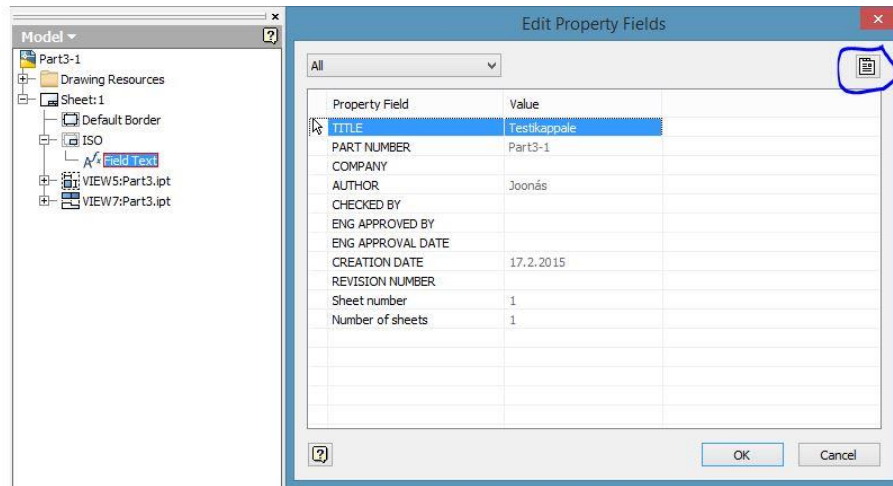
KUVIO 36. Hitsausmerkkintöjen määrittäminen

Hitsausmerkkintöjä ei tarvita tässä piirustuksessa, koska kyseessä on yksittäinen kappale. Merkkinnän piirtäminen tapahtuu samanlaisella logiikalla, kuin geometriset toleranssit (KUVIO 36.)



KUVIO 37. Esimerkkimitoitus

Kappale on yksinkertainen ja tästä syystä mittojakaan ei tarvita montaa. Kuvasta poiketen hyvään mitoitustapaan kuuluu, ettei mitta-apuviivoja laiteta ristiin, jos sitä voi välttää. Kuvaan on lisätty myös reikä- ja keskiviivamerkinnot, jotka löytyvät Annotate-työkalurivin keskellä. Seuraavaksi täytetään nimiötiedot. (KUVIO 37)



KUVIO 38. Nimiön täyttäminen

Piirustuksen oikeassa laidassa on laatikko, johon kappaleen tiedot tulevat näky-mään. Kyseisestä laatikkoa kutsutaan nimiöksi. Monissa tilanteissa kaikki halutut tiedot eivät tule näkyviin, joten ne pitää käydä lisäämässä manuaalisesti. Klikataan hiiren oikealla Field Text -kohtaan, jolloin Edit Property Fields tulee esille. Sen jälkeen klikataan sinisellä ympyröityä kohtaa, jolloin alla olevien kuvien mukaiset näkymät avautuvat. (KUVIO 38)

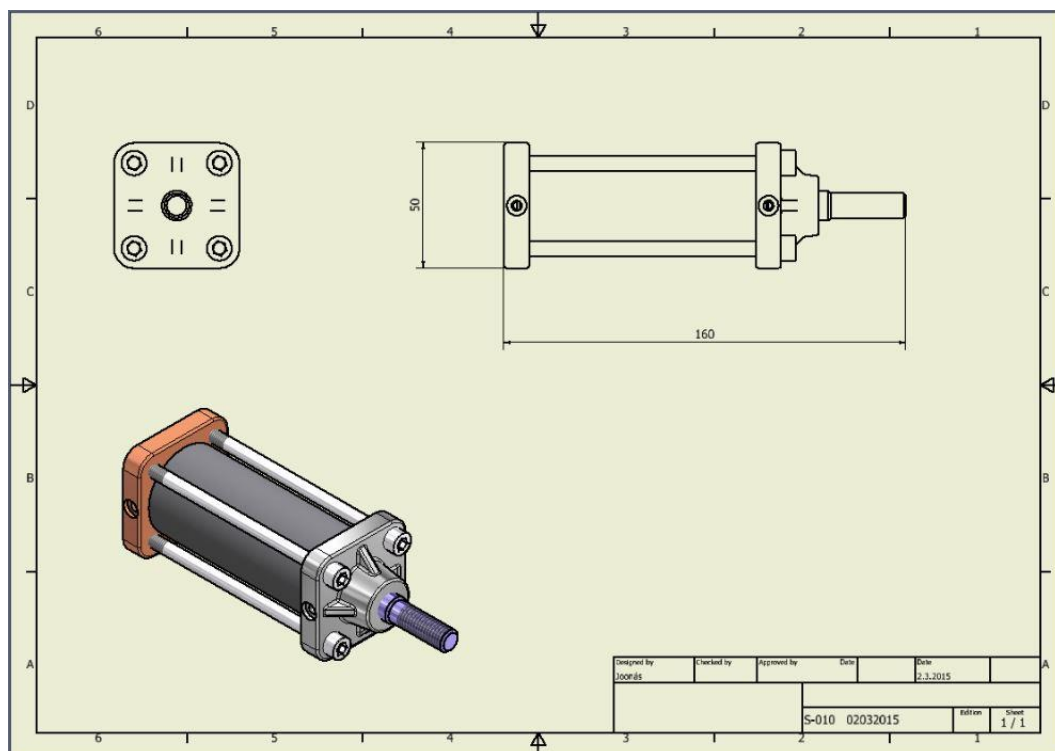
KUVIO 39. Nimiön täyttäminen

Kohdista kannattaa täyttää ainakin Company ja Part Number. Tiedot näkyvät vasta nimiössä, kun on painettu käytä-nappulaa ja suljettu ikkuna. (KUVIO 39)

KUVIO 40. Esimerkki valmiista nimiöstä.

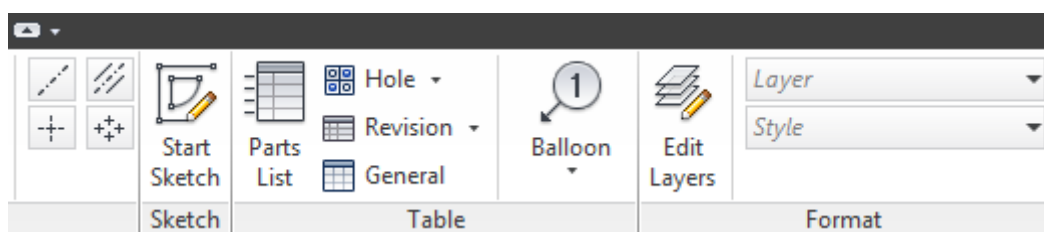
3.3 Työpiirustukset kokoonpanoista

Teknisten piirustusten luonti kokoonpanoista on hyvin samankaltainen prosessi, kuin yksittäisestä kappaleesta. Kokoonpanoihin on hyvä lisätä osalista (parts list) sekä numeroidut ilmapallot, jotka indikoivat mikä osa on mikäkin kuvassa. Mitto- ja laitetaan yleensä maltillisesti, useimmiten ainoastaan päämitat.



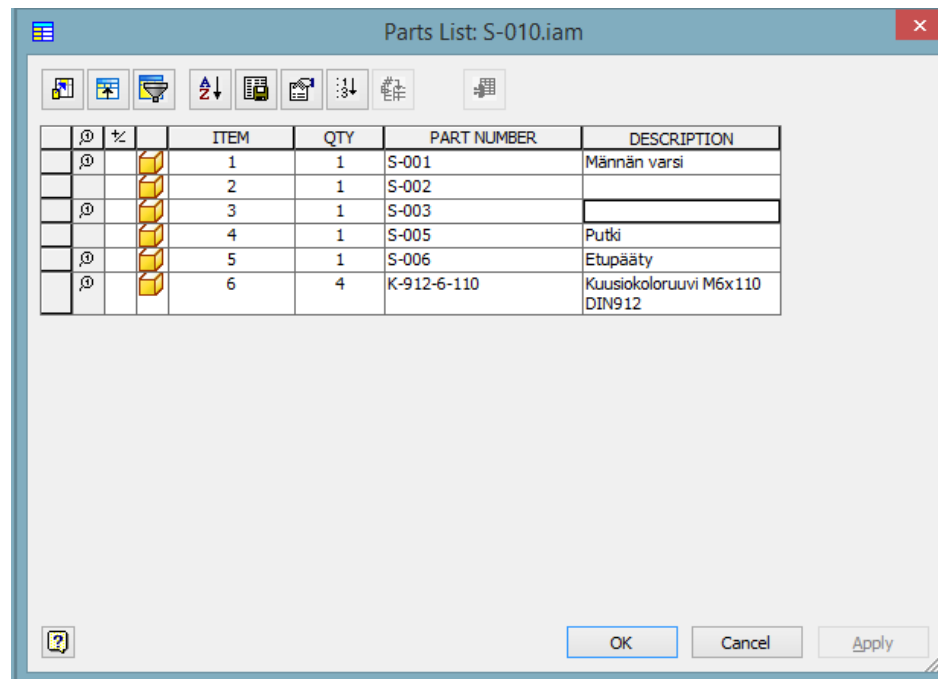
KUVIO 41. Esimerkki kokoonpanosta

Tehdään kuviossa 41 näkyvä piirustus eli kaksi kuvantoa ja perspektiivinäkymä havainnollistamaan. Mitoitetaan päämitat. Kokoonpanosta riippuen tarvitaan 2-3 kuvantoa.



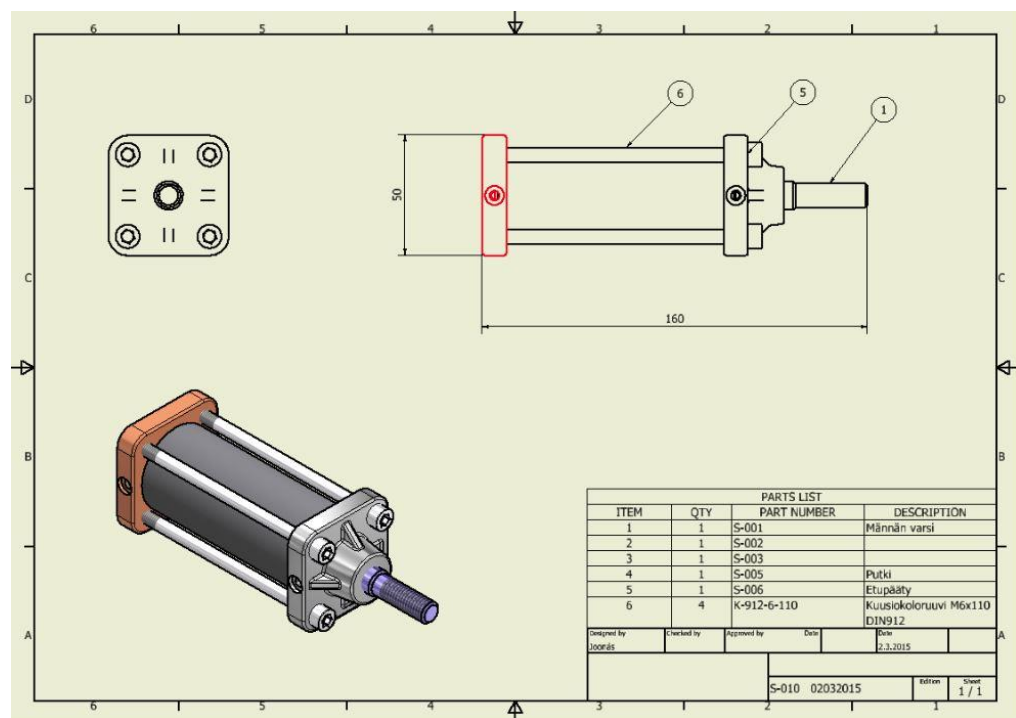
KUVIO 42. Työkalurivi

Seuraavaksi tehdään osalista ja pallot, joihin käytetään komentoja Parts List ja Balloon. (KUVIO 42)



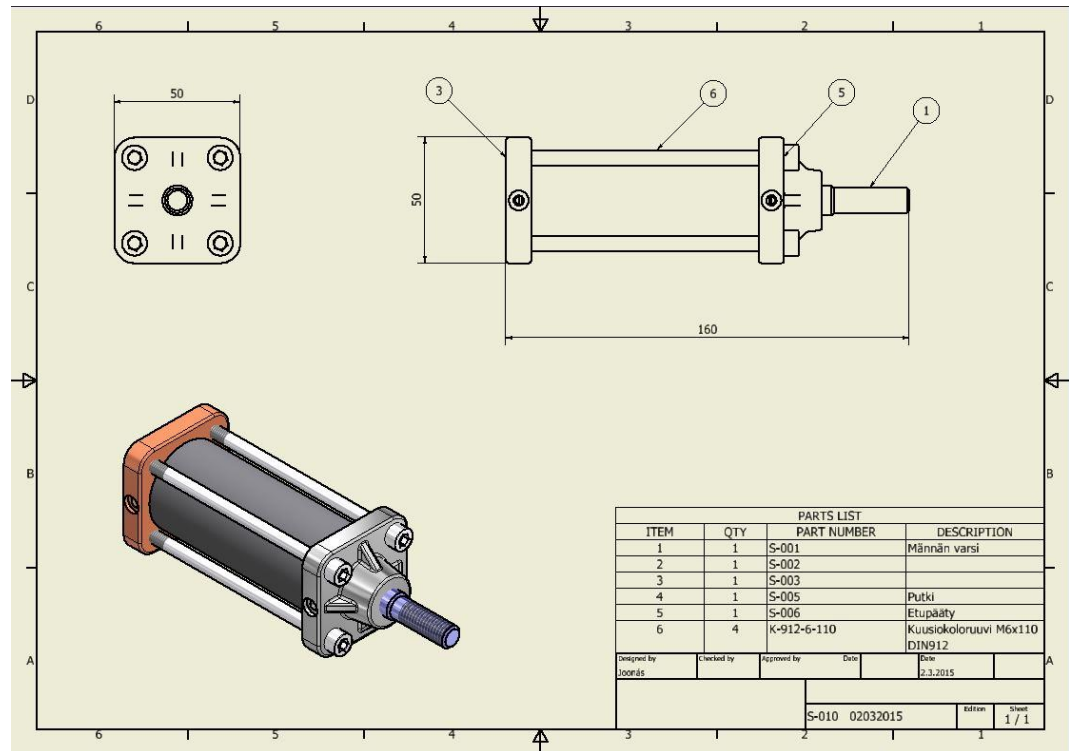
KUVIO 43. Esimerkki kokoonpanon osalistasta

Parts Listiä painettaessa tulee esiin yllä oleva näkymä. Taulukko täyttyy automaattisesti, niiltä osin kuinka niille on annettu attribuutteja. OK-napin painalluksen jälkeen taulukko voidaan sijoittaa piirustukseen. Sopiva paikka on nimiön yläpuolella. (KUVIO 43)



KUVIO 44. Työpiirustus, jossa on osalista näkyvillä

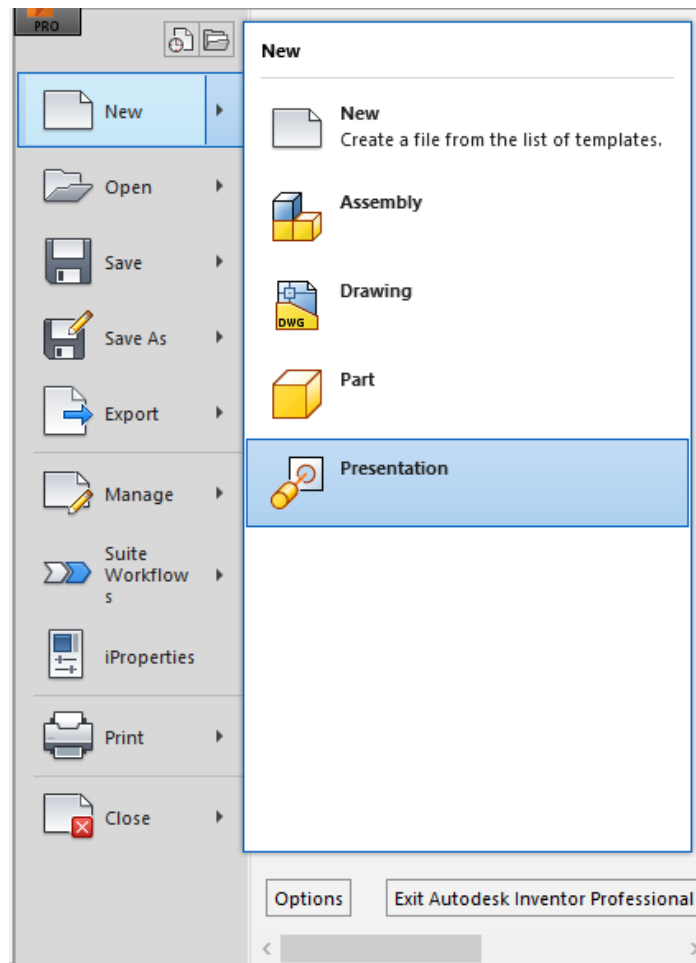
Seuraavaksi tehdään pallot Balloon-käskyllä. Nuolen alta löytyy Auto Balloon-käsky, joka on hyödyllinen, varsinkin jos kokoonpanossa on runsaasti osia. Klikataan jokaista kokoonpanon osaa piirustuksessa, osat korostuvat punaisena helpottaen työtä. Numerointi on automaattista ja se tulee äsken tehdyn Osalistan mukaan. (KUVIO 44)



KUVIO 45. Valmis työpiirustus kokoonpanosta

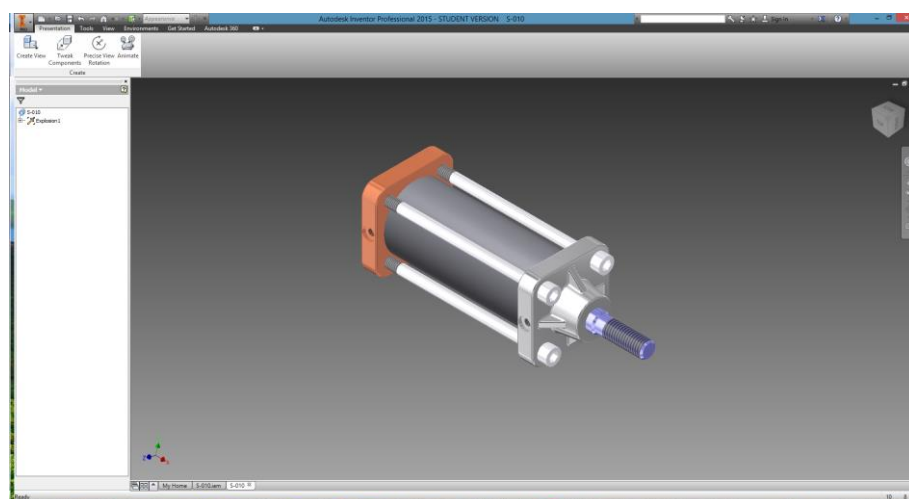
3.4 Räjätyskuvat ja -videot

Räjätyskuvat ovat tapa havainnollistaa kokoonpanon kappaleiden suhteita toisiinsa ja auttamaan kokoonpanon kokoamisessa oikeissa sovelluksissa. Ero Inventorin toiseen animaatio-sovellukseen Inventor Studioon on räjätyskuvien- ja animaatioiden nopeampi sekä helpompi luonti, mutta näyttävyys ei ole samaa luokkaa. Renderöinti, sekä muunlaiset tehosteet eivät ole käytettävissä kuin Inventor Studioissa. Räjätysvideo sisältää siis vain kappaleet ja niiden yksinkertaiset liikkeet, eikä muuta. (KUVIO 45)



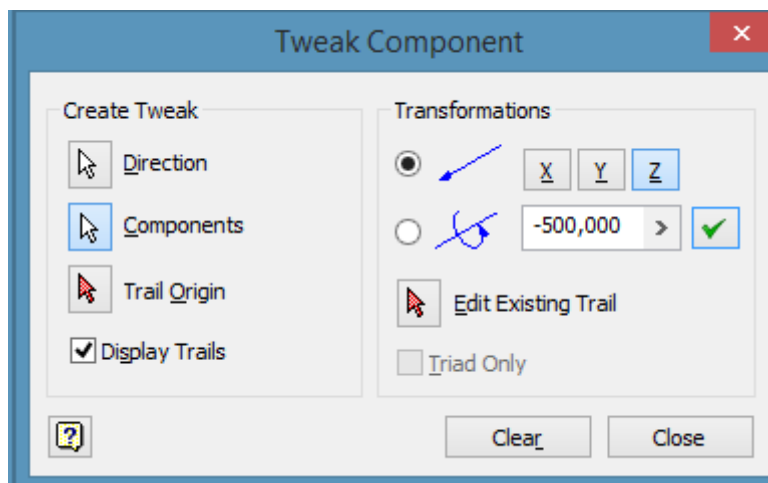
KUVIO 46. Valikko

Valitaan New-valikosta Presentation. (KUVIO 46)



KUVIO 47. Näkymä, kun esitykseen on tuotu kokoonpano

Avataan valmis kokoonpano. Voidaan tehdä automaattinen räjäytys Create View -painikkeesta, jos halutaan tehdä helposti still-kuvia. Animaatioon (videoon) automaattinen räjäytys ei usein ole sinällään riittävä, mutta antaa hyvän pohjan, josta lähteä muokkaamaan räjäytystä. (KUVIO 47)

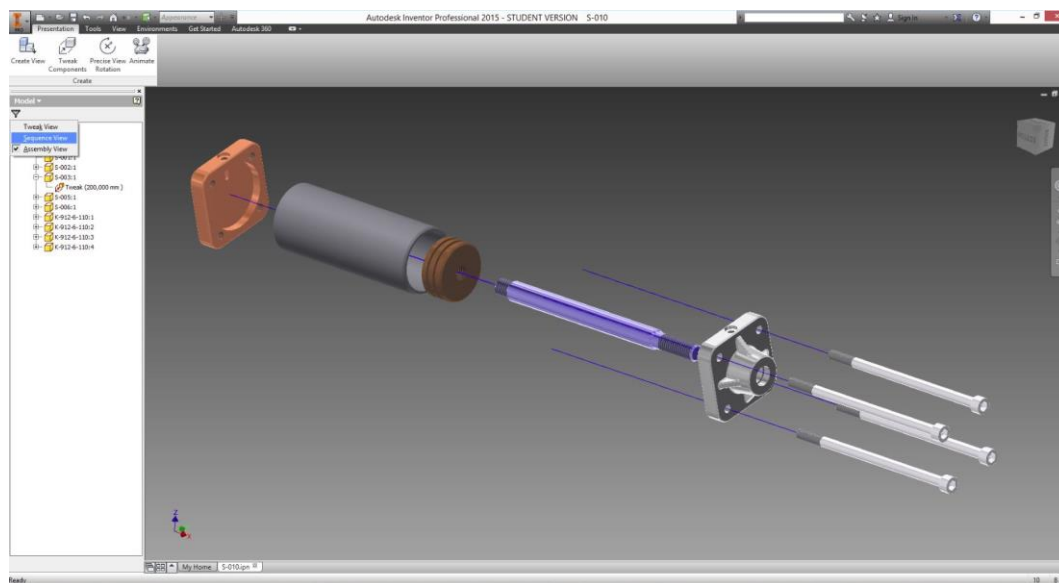


KUVIO 48. Tweak Component-valikko

Tweak Components -valikosta päästään tekemään kappaleille liikeratoja animaatiota varten. Valitaan ensin suunta (esimerkiksi jonkin kappaleen reunaviiva tai akseli), sitten siirrettävä komponentti. (KUVIO 48)

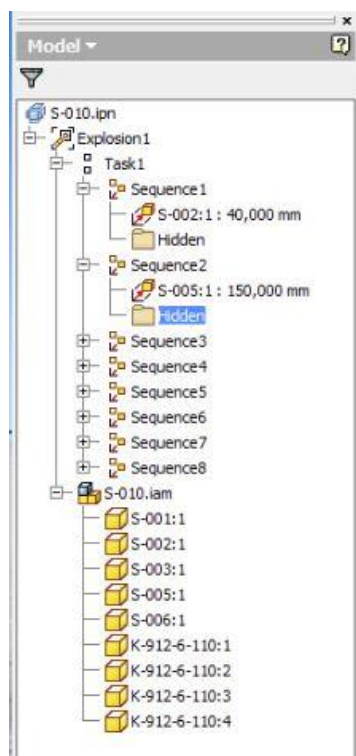
Transformations-kohdasta on mahdollista valita pyörivän tai suoraviivaisen liikkeen sekä kyseisen liikkeen suunnan (useimmiten Z on haluttu suunta).

Halutessaan voi tehdä liikkeen, joka on pyörivä sekä suoraviivainen samaan aikaan (esimerkiksi havainnollistaakseen ruuvin tai pultin kiinnittämistä). Sitä varten on tehtävä kaksi erillistä liikettä samalla kappaleelle, pyörivä ja suoraviivainen, jotka yhdistetään samanaikaiseksi myöhemmässä vaiheessa.



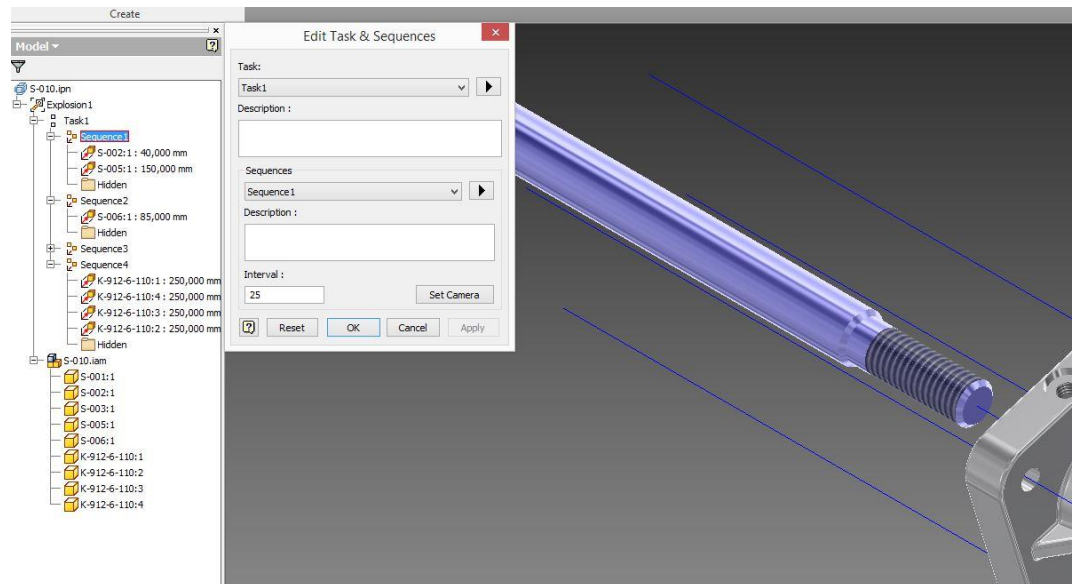
KUVIO 49. Kokoonpano räjäytettynä

Kun kokoonpanon osat ovat sopivissa paikoissa, voi halutessaan parantaa presentaation näytävyyttä antamalla tietyille liikkeille omat kamerakulmansa (esim zoomaus tärkeään kohtaan) sekä tehdä liikkeistä sulavampia yhdistämällä ne niin, että ne tapahtuvat samaan aikaan (esimerkiksi liike ja pyörähdys, vinon liikkeen luominen). Valitaan vasemmasta kulmasta Sequence view. (KUVIO 49)



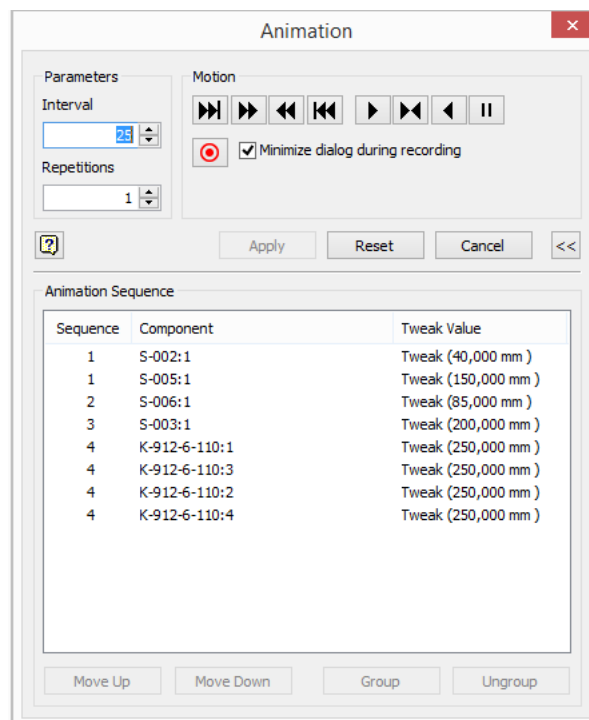
KUVIO 50. Kohtaukset listattuna

Avaamalla Task-kohdan nähdään kaikki kohtaukset (Sequencet). Tehdäkseen tiettyistä liikkeistä samanaikaisia yksinkertaisesti raahataan halutut kappaleet saman Sequencen alle niin ne tapahtuvat animaatioissa samanaikaisesti. (KUVIO 50)



KUVIO 51. Kohtauksen muokkaaminen

Kamerakulman lisäykseen tiettyyn Sequenceen klikataan sitä hiiren oikealla ja valitaan Edit. Siirretään kuvakulma halutuksi ja klikataan Set Camera. Kamera ei palaudu takaisin lähtötilanteeseen automaattisesti Sequencen jälkeen, eli on tehtävä seuraavan Sequenceen kamera, joka on lähtötilanteen kuvakulmassa (tai jos-sain muussa).(KUVIO 51)

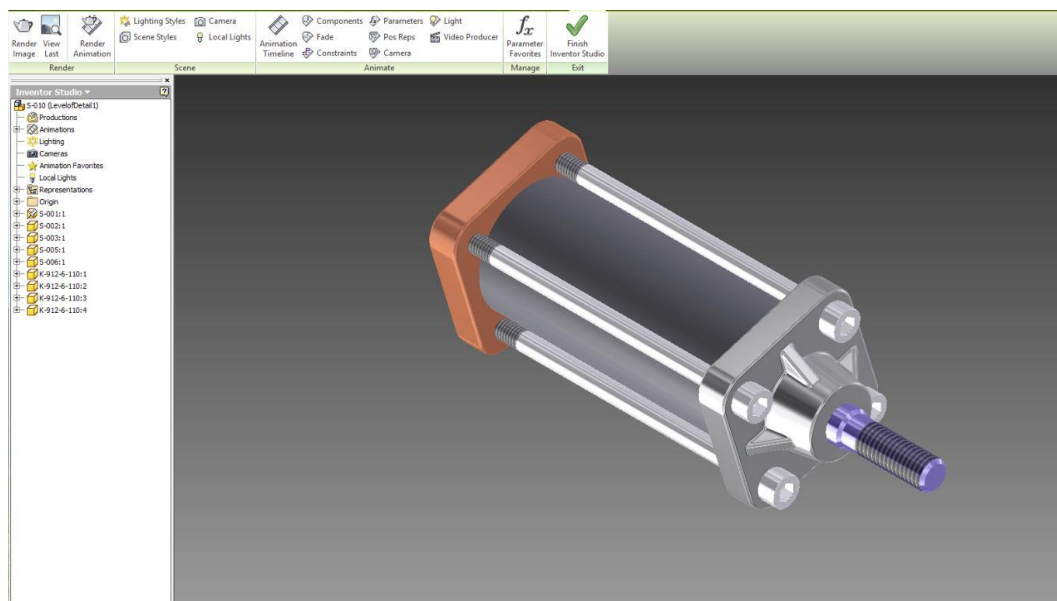


KUVIO 52. Animation-valikko

Lopuksi testataan, miltä animaatio näyttää. Avataan Animate-valikko. Nuolia painamalla päästään vielä tarkastamaan, miltä liikkeet näyttävät ja että ne ovat halutun Sequencen alla. Play-nappulasta voi vielä testata, kuinka animaatio pyörii ja kun animaatio näyttää hyvältä, painetaan punaista Rec-nappulaa. On suositeltua tallentaa video AVI-tiedostomuodon ja valitsemaan jonkun pakkaustavoista, koska pakkaamattomat videot vievät noin gigatavun per 10 sekuntia videota. Tallennuksen aikana animaatio näyttää hitaalta, mutta valmis video on normaalinopeudella. (KUVIO 52)

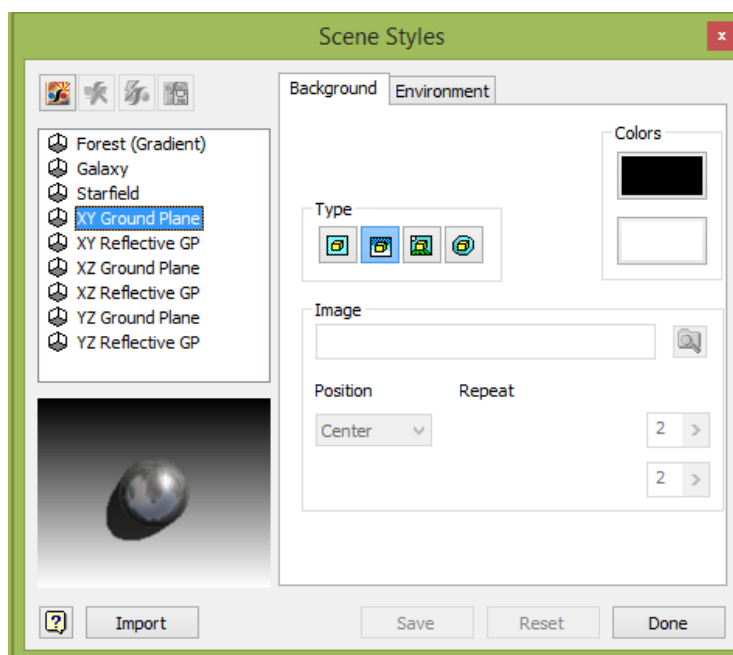
3.5 Renderöinti

Renderöinti tarkoittaa varjostusta. Tällöin kappaleeseen lisätään useimmiten tekstuurit sekä valaistus, jonka jälkeen kappale renderöidään (render) valokuvaksi tai videoksi, jonka tarkoituksena on olla visuaalisesti näyttävä. Mitä kauniimpi renderöinti, sitä kauemmin se vie aikaa ja vaatii tehokasta tietokonetta. Avataan kappale tai kokoonpano normaalisti ja valitaan sitten Environments-välilehdeltä Inventor Studio.



KUVIO 53. Inventor Studio

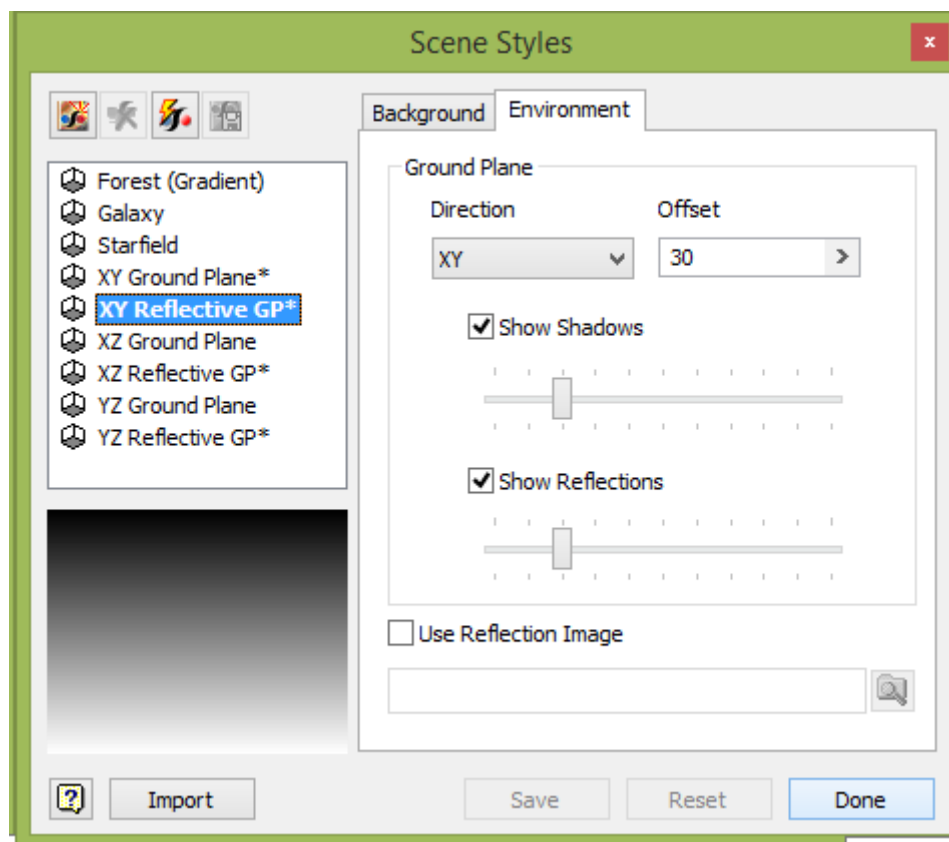
Kuvan näkymä avautuu. Yksittäisen kuvan renderöinnissä ei tarvita kuin Render- ja Scene- osion asetuksia. Muut asetukset liittyvät animaatioihin, joista lisää luvussa 3.7. (KUVIO 53)



KUVIO 54. Näkymän muokkaaminen

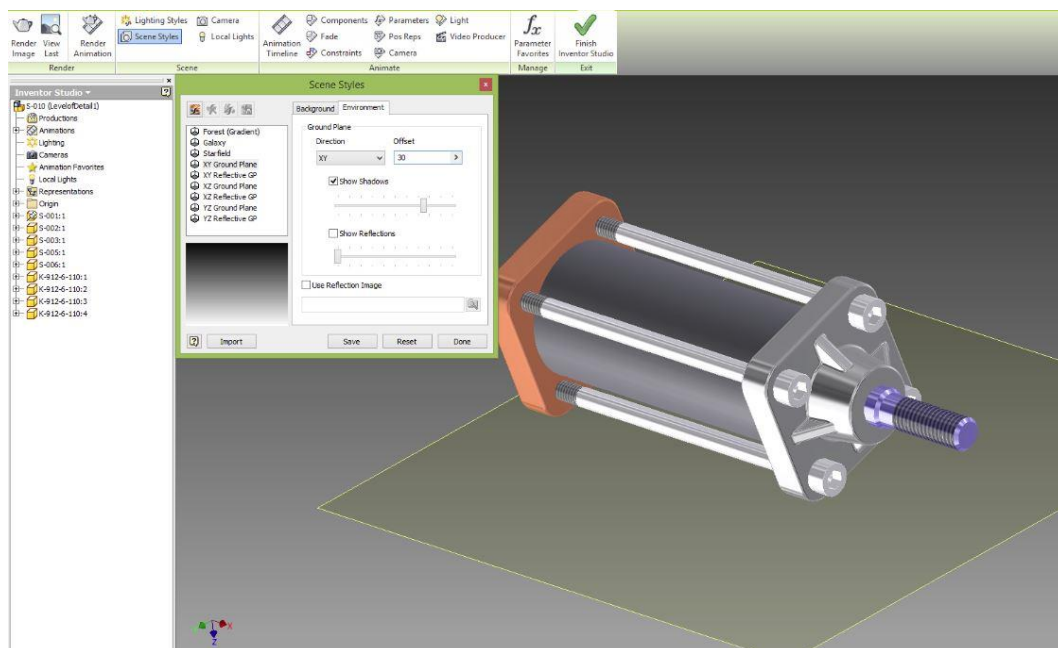
Scene Styles -valikosta pääsee valitsemaan heijastavia tasoja, jotka lisäävät renderöinnin näyttävyttä. Oikeassa elämässä lattia harvoin heijastaa yhtä voimakkaasti, mutta renderöinnissä heijastukset on hyvä säätää maksimiin. Heijastukset li-

säävät tietenkin näytönohjaimen rasiasta kappaleita renderöinnissä, johtaen pidempään renderöintiin. (KUVIO 54)



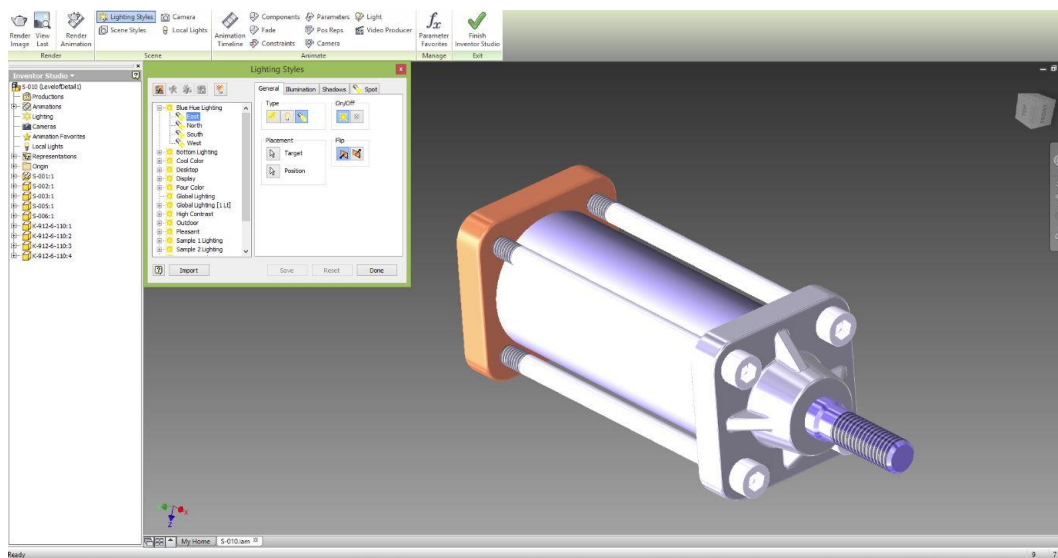
KUVIO 55. Maatason määrittäminen

Valitaan heijastava taso (Reflective GP), joka parhaiten vastaa omaa kappaletta. Useimmiten ”pöydän” mukainen taso on paras. Halutessaan voi säätää varjojen ja heijastusten intensiteettiä isommaksi. Heijastuskuva (Reflection Image) auttaa realististen heijastusten aikaansaamista, esimerkiksi jos heijastuskuva on kauniista metsämaisemasta, niin kappaleen pintaan heijastuu kyseinen kuva renderöidessä. Muistetaan lopuksi painaa tallenna (Save) -painiketta. (KUVIO 55)



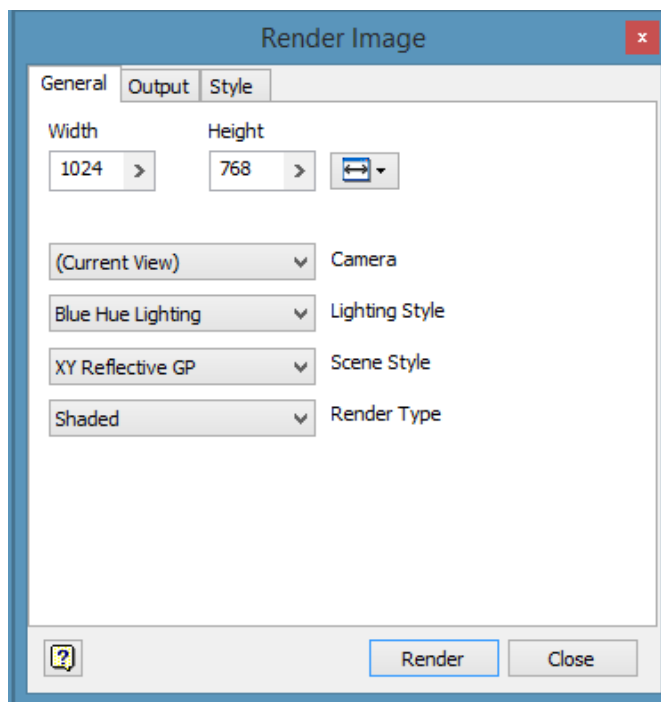
KUVIO 56. Heijastavan tason korkeuden asettaminen

Siirretään taso sopivalle korkeudella Offset-kohdasta. Moniin tilanteisiin on sopivinta ajatella, että kappale on pöydän päällä eli tason (Ground Plane) ollessa kappaleen pohjassa kiinni (KUVIO 56).



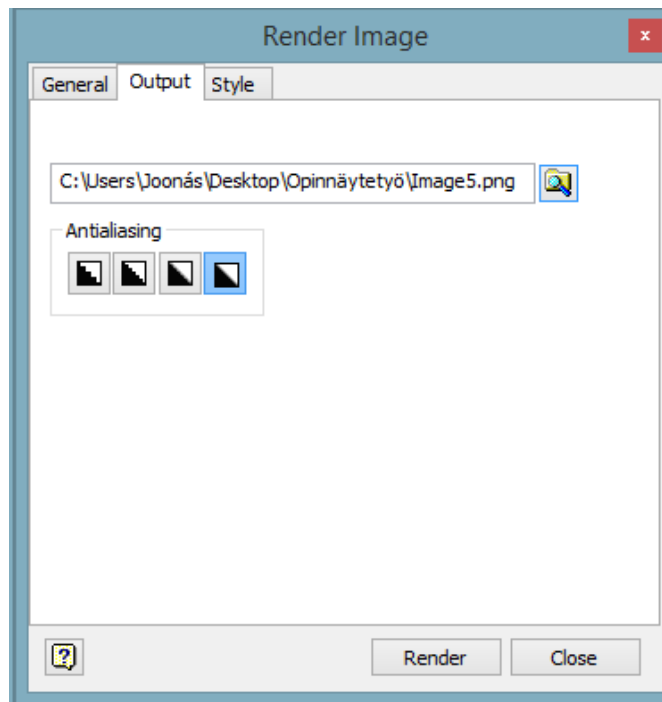
KUVIO 57. Näkymä, kun valaistus on aktiivinen

Säädetään valaistuksia halutuksi. Valaistus päivittyy ruudulle. Näitä asetuksia ei välttämättä tarvitse muokata, render-painikkeen takaa löytyy sopivia valaistusasetuksia valmiina. (KUVIO 57)



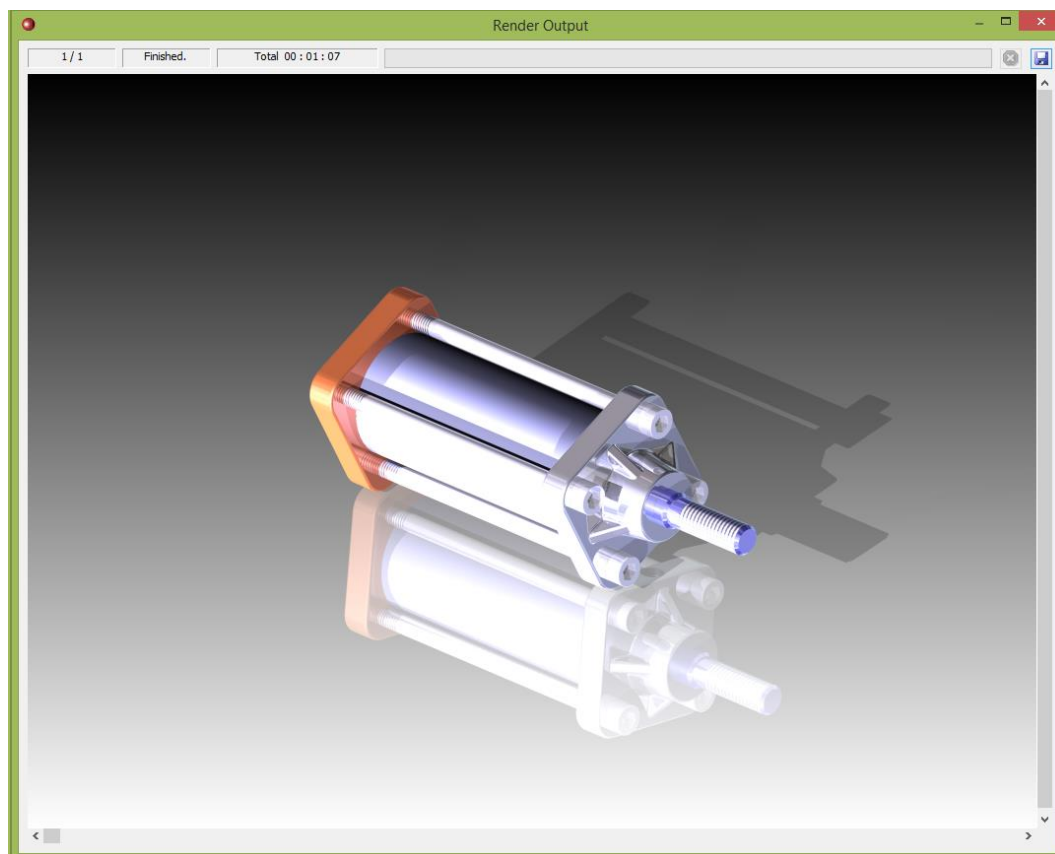
KUVIO 58. Kuvan renderöiminen

Render-valikosta valitaan luotu Ground Plane ja muut asetukset. Renderöinnin leveys ja korkeus (pikselimäärä) vaikuttavat huomattavasti renderöintiin kuluvaan aikaan. 4K-tarkkuudella renderöinti ei ole suotavaa, ellei omista tehokasta tietokonetta tai omaa paljon aikaa. Valitettavasti nykyaikaisiin resoluutioihin ei ole valmiita esiasetuksia, joten käyttäjä joutuu itse etsimään oikeat pysty- ja vaaka-pikselien lukumäärät halutessaan renderöidä standarditarkkuuksilla kuten 720p, 1080p tai 4K. (KUVIO 58)



KUVIO 59. Kuvan tallennuspaikan ja AA:n valinta

Output-välilehdeltä valitaan kuvan tallennuskansio. Tiedostoformaatiksi suositellaan bitmappia tai png:tä. Antialiasing vähentää kuvassa näkyviä rumia ”sahalaitoja” lisäten tietenkin renderöintiin vaadittavaa aikaa. (KUVIO 59)

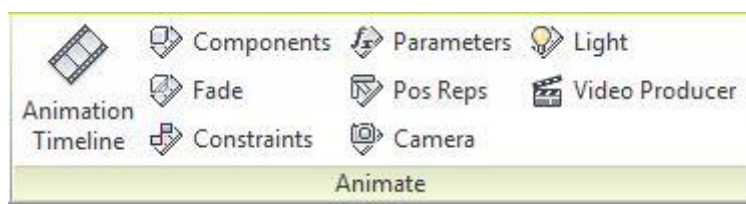


KUVIO 60. Valmis renderöity kuva

Kuviossa 60 näkyvän kuvan renderöimiseen meni aikaa minuutti ja 7 sekuntia. Jos kyseessä olisi ollut animaatio, olisi näillä laatuasetuksilla mennyt lyhyeen 5 sekunnin animaatioon yli tunti (olettaen, että ruudunpäivitysnopeus on vain 15 ruutua per sekunti). Animoinnista lisää seuraavassa luvussa.

3.6 Animaatiot

Animaatiot ovat kuin renderöidyt kuvatkin, mutta niihin lisätään liikkeitä. Liike pätkitään esimerkiksi 20:een eri osaan eli kuvaan, jotka kone renderöi. Täten se vie paljon enemmän tehoa tietokoneelta. Animaatioita pääsee tekemään Inventor Studion alta. Inventor Studiolla tehdään havainnollistavia räjäytyskuvia, kokoonpanon liikkeiden demonstrointia (jos kokoonpano esimerkiksi on jostakin mekaanisesta laitteesta) ja näyttäviä markkinointiin tarkoitettuja esittelyjä kappaleesta.



KUVIO 61. Animate-välilehdeltä löydetään kaikki tarvittavat komennot

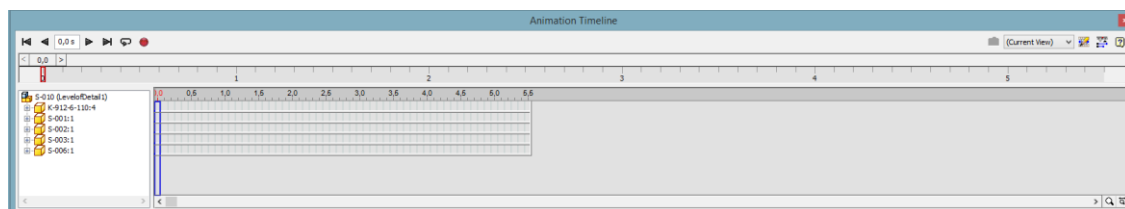
Animation Timeline avaa kuvion 61. näkymän.

Components ja Constraints ovat työkalut, joilla saa kappaleet liikkeelle animaatioissa. Näiden käskyjen mukaan kappaleet liikkuvat animaatioissa. Kaikista paras vaihtoehto on Constraints eli kappaleiden liikuttaminen käyttämällä hyväksi niiden välisiä rajoitteita. Constraints tarkoittaa siis rajoitteita.

Rajoitteet ovat käyttäjän luomia kokoonpanon kokoamisvaiheessa. Ne ovat kuitenkin herkkiä pienillekin virheille ja kokoonpanon rajoitteiden muuttaminen saat- taakin tulla kyseeseen monissa tapauksissa. Rajoitteet eivät ole välttämättä pakollisia perusanimaatioissa, mutta esimerkiksi mekanismin animoiminen vaatii hyvin tehdyt rajoitteet. On myös huomattava, että kun on tehnyt rajoitteet jo aikasemmin, on hyödyntää niitä.

Perusanimaatioihin kelpaa hyvin Components-käsky, joka liikuttaa kappaleita samoilla tavoin kuin Presentationissa eli vapaasti toisistaan riippumatta.

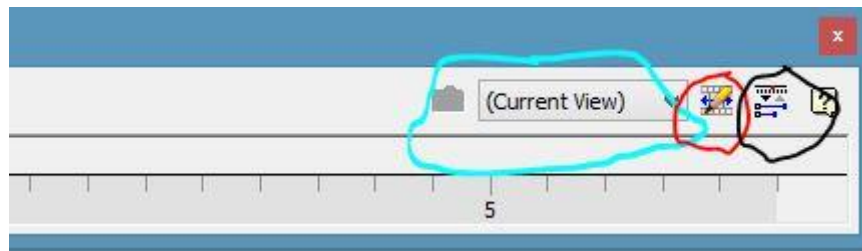
Fade animoi häivytyksen, kappale häviää näkymästä kokonaan tai osittain animaation aikana. Fade on hyödyllinen monimutkaisissa kokoonpanoissa, joissa kappaleet ovat suuresti päällekkäin.



KUVIO 62. Animaation aikajana

Painetaan sivun oikeassa laidassa olevaa Expand Action Editor -painiketta, jolla aikajana laajenee isoksi, kuten yllä olevassa kuvassa. Kun jokin liike-käsky on tallennettu, ilmestyy sininen jana alapuoliseen laatikkoon. Vasemmassa laidassa

sijaitsevat yleisimmät toiminnot, mutta oikeanpuoliset toiminnot ovat myös tärkeitä. (KUVIO 62)

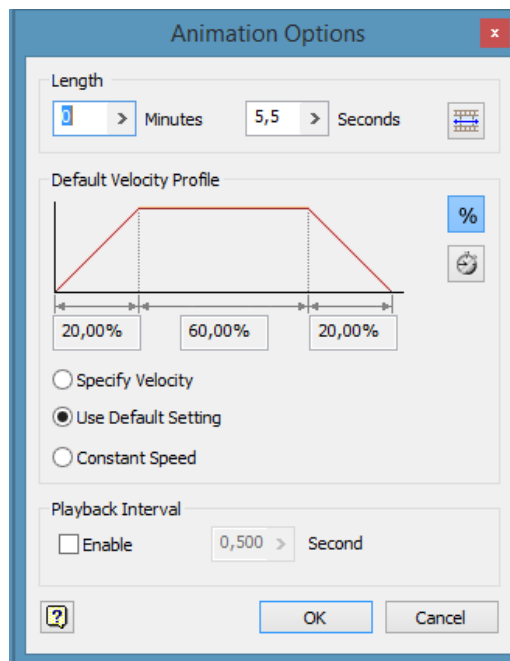


KUVIO 63. Suurennos animaation aikajanassa

Turkoosi: Kamera (KUVIO 63)

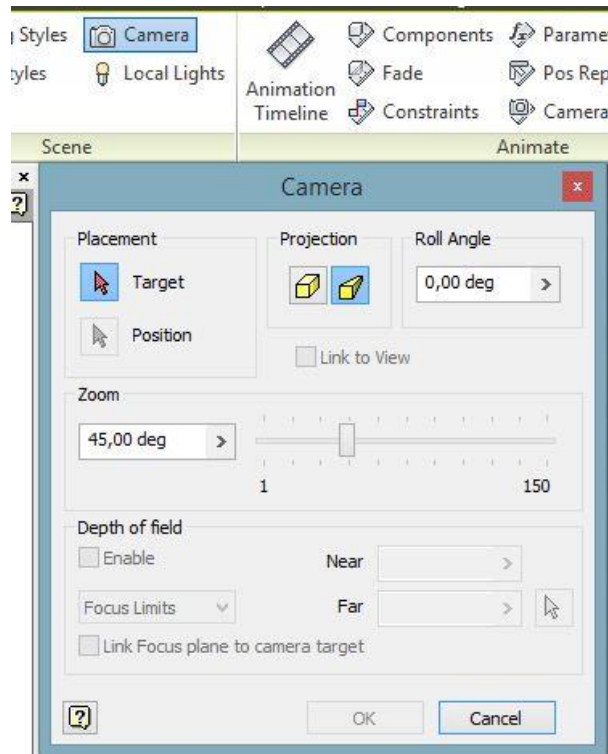
Musta: Expand Action Editor (KUVIO 63)

Punainen: Animation Options (KUVIO 63)



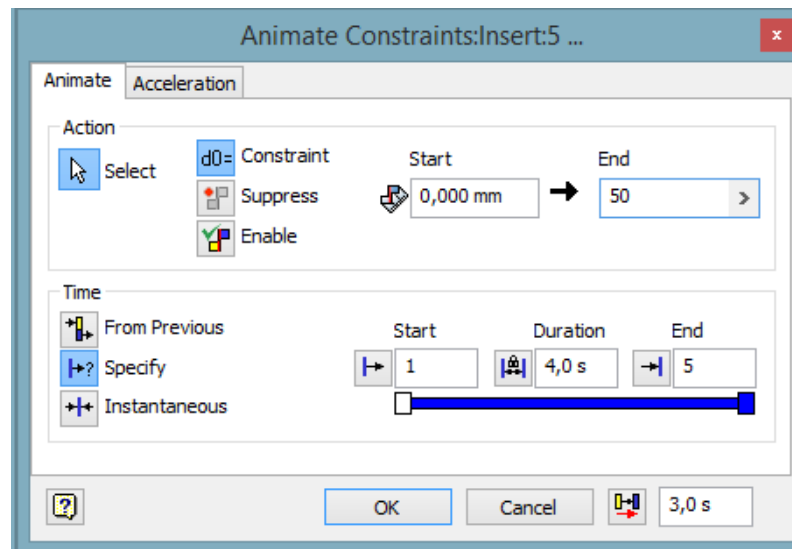
KUVIO 64.. Animaation asetukset.

Kuviossa 64 näkyvässä käskyssä määrätään animaation pituus. Voidaan myös määrittää animaation ”nopeusprofiili”, eli esimerkiksi animaation alussa liikkeet ovat nopeampia kuin keskivaiheessa.



KUVIO 65. Kameran luonti

Luodaan uusi Kamera valitsemalla Camera Scene-valikosta (huom. ei Animate). Ensimmäiseksi on valittava Target eli kohde. Käytännössä klikataan haluttua kohtaa kappaleessa, position määrää kuinka kaukana kamera sijaitsee kohteesta. Zoomilla voi hienosäätää kyseistä etäisyyttä ja Depth of field-työkalulla saadaan hallittua kameran tarkennusta. Muut työkalut eivät ole oleellisia peruskäytössä. (KUVIO 65)



KUVIO 66. Rajoitteiden hyödyntäminen animoinnissa

Animoidaan liike rajoitteiden avulla. Jos halutaan tehdä monta liikettä yhdelle kappaleelle, painetaan Cancel-painiketta vieressä olevaa painiketta, jolloin kappale tekee liikkeen ja voi alkaa tehdä toista liikettä.

Lopuksi renderöidään samalla tavalla kuin kuvakin, käyttäen Render Animation-painiketta tällä kertaa.

4 YHTEENVETO

Työssä esiteltiin erilaisia toimintapoja piirustusten tekemiseen. Jokaisesta perustoiminnosta on tehty kattavat esittelyt. Myös ohjelmien ominaisuudet tulevat esiin selkeästi. Työlle annetut tavoitteet ja vaatimukset on saavutettu.

3D-mallinnuksien tekemisessä suureksi ongelmaksi muodostuu puutteellisesti koulutuksesta johtuvat virheet mallinnuksessa. Ohjelmat ovat joissakin tapauksissa tarkkoja kuinka niitä käytetään, mutta ratkaisin nämä ongelmat tässä työssä antamalla oikeat toimintavat kullekin toiminolle. Aloittevan käyttäjän on erityisesti muistettava kärsivällisyys ja opittava suunnittelemaan etukäteen mallinnuksen tekemistä. Tämän opinnäytetyön tavallinen käyttäjä oppii tekemään mallinnuksia ja edistyneet käyttäjätkin saavat suunnitteluaan helpottavaa tietoa.

Tämä opinnäytetyö antaa myös tietoa 3D-tulostamisesta kiinnostunuille. Työ auttaa ymmärtämään ongelmat, jotka tulevat esiin 3D-mallinnusohjelmien ja 3D-tulostimien välisessä kommunikaatiossa. 3D-tulostamisesta olisi voinut olla enemmänkin lukuja ja kirjoittaja harkitsikin sitä opinnäytetyönsä aiheeksi. Tulostuksen arkipäiväistyessä on tärkeää, että normaalit ihmiset oppivat sen perusteet.

LÄHTEET

Aidan Chopra. 2009. Google SketchUp 7 for dummies. New Jersey, USA: Wiley Publishing Inc.

Autodesk. 2015a. Inventor LT-Compare [viitattu 4.4.2015]. Saatavissa: http://store.autodesk.eu/store/adsk/en_IE/pd/ThemeID.25705700/productID.313233500

Autodesk. 2015b. Inventor Professional – Compare [viitattu 4.4.2015]. Saatavissa: http://store.autodesk.eu/store/adsk/en_IE/pd/ThemeID.25705700/productID.313197000

Autodesk. 2015c. Product Listing [viitattu 4.4.2015]. Saatavissa: http://store.autodesk.eu/store/adsk/en_IE/html/pbPage.All-Product-Listing_en_IE,

Conviva Oy. 2015. Creo Parametric[viitattu 7.4.2015]. Saatavissa: <http://www.pdsvision.com/fi/tuotteet/creo/parametric>

Econocap. 2015. Creo Parametric [viitattu 7.4.2015]. Saatavissa: [\http://www.econocap.com/userData/econocap/Creo_Parametric_EN.pdf

Edulearn. 2014. What is Autodesk Inventor? How to use Inventor? [viitattu 2.4.2015]. Saatavissa: http://www.edulearn.com/article/what_is_autodesk_inventor.html

Hietikko, E. 2010. Solidworks. Tietokoneavusteinen suunnittelu. 4. uudistettu painos. Tampere: Tampereen yliopistopaino Oy, Juvener Print.

Hod Lipson & Melba Kurman. 2013. Fabricated. The new world of 3D printing. Indianapolis, USA: John Wiley & Sons Inc.

Solidworks. 2015a. 3D-CAD-PAKETIT [viitattu 5.4.2015]. Saatavissa: http://www.solidworks.fi/sw/6455_SVF_HTML.htm

Solidworks. 2015b. CAD Import and Export [viitattu 5.4.2015]. Saatavissa: <http://www.solidworks.com/sw/products/3d-cad/cad-import-export.htm>

Vertex. 2015a. Vertex G4 - Kattava kokonaisuus [viitattu 5.4.2015]. Saatavissa: http://www2.vertex.fi/web/fi/g4_kokonaisuus

Vertex. 2015b. Vertex Systems Oy - arvostettu ja luotettava CAD/PDM-toimittaja [viitattu 5.4.2015]. Saatavissa: <http://www2.vertex.fi/web/fi/yritys>

Wai Hon Wah. 1999. Introduction to STL format [viitattu 31.3.2015]. Saatavissa: http://download.novedge.com/Brands/FPS/Documents/Introduction_To_STL_File_Format.pdf

LIIITEET